COLETÂNEA DE ESTUDOS EM ENGENHARIA CIVIL

UNINGÁ - 2020

ORGANIZADORES:

LOURIVAL DOMINGOS ZAMUNER
ARTHUR FELIPE ECHS LUCENA
JÚLIO RICARDO DE FARIA FIESS
RÔMULO MENCK ROMANICHEN
ORLANDO DONINI FILHO
ALLAN CASSIOLATO BERBERT
LUCAS NIRO
RICARDO CARDOSO DE OLIVEIRA

Direção Editorial
Prof. Dr. Isaac Romani

Assistente Editorial:
Vitor Vinicius Monteiro Gajardoni

Diagramação:
Thiago Bruno Peraro

Dados Internacional de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecária: Vaudice Donizeti Rodrigues CRB 9/1726

C694 Coletânea de Estudos em Engenharia Civil - UNINGÁ - 2020.
[recurso eletrônico] / Lourival Domingos Zamuner et al.
(Org.). -- Maringá: EDUNINGA, 2020. 259 p.

Vários autores.

ISBN: 978-65-991603-5-6
DOI: 10.46311/978-65-991603-5-6

1. Engenharia Civil. I. Zamuner, Lourival Domingos. II. Título.

CDD–611.314

COLETÂNEA DE ESTUDOS EM ENGENHARIA CIVIL - UNINGÁ - 2020

Organizadores / Autores

LOURIVAL DOMINGOS ZAMUNER. Mestre em Análise Ambiental e Regional pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), Docente do curso de Engenharia Civil da UNINGÁ – Centro Universitário Ingá.

ARTHUR FELIPE ECHS LUCENA. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Londrina UEL. Docente do curso de Engenharia Civil da UNINGÁ – Centro Universitário Ingá.

JULIO RICARDO DE FARIA FIESS. Mestre de Engenharia de Habitação Inovação e Tecnologia. Docente do curso de Engenharia Civil da UNINGÁ – Centro Universitário Ingá.

ROMULO MENCK ROMANICHEN. Mestre em Engenharia Civil com ênfase em estruturas – UEM. Docente do curso de Engenharia Civil da UNINGÁ – Centro Universitário Ingá.

ORLANDO DONINI FILHO. Geógrafo. Docente do curso de Engenharia Civil da UNINGÁ – Centro Universitário Ingá.

ALLAN CASSIOLATO BERBERT. Mestre em Engenharia Urbana pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), Docente do curso de Engenharia Civil da UNINGÁ – Centro Universitário Ingá.

LUCAS NIRO. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Docente do curso de Engenharia Civil da UNINGÁ – Centro Universitário Ingá.

RICARDO CARDOSO DE OLIVEIRA. Doutor em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá, Docente do curso de Engenharia Civil da UNINGÁ – Centro Universitário Ingá.

Autores*

ANDRÉ PAULO BERVIAN
DANIEL CABELLEIRA BOM
EDUARDO LONARDONE CAPITOL
FELIPE VINICIUS FRANCISCHINI
GABRIEL GUEDES ESPERANDIO
JOÃO OTÁVIO NICOLETTI STAUB
JOÃO PEDRO MONARIN
LAUISE ALVES UNGARI
LEANDRO CORREIA STURION
LUCAS BATISTA MENDES
LUCAS VIEIRA LUVISOTTO
MATHEUS DA CUNHA DOURADO
MAURICIO CORREIA RISSATO
PEDRO HENRIQUE PEIXOTO MATIAS
RAFAEL CAMPANHA BRICHI
RAUL ANGELO PELEGRINI
RAYSSA DE ALMEIDA
RODOLFO SANTIAGO DOS SANTOS
WESLEY FELIPE
YAN VICTOR DE ARAUJO NUNES

---

* Discentes do curso de Engenharia Civil da UNINGÁ – Centro Universitário Ingá.

PREFÁCIO

Prezados Engenheiros,

É um prazer muito grande ser convidado pelos futuros engenheiros civis da UNINGÁ - Centro Universitário para apresentar essa obra que compõem os seus Trabalhos de Conclusão de Curso.

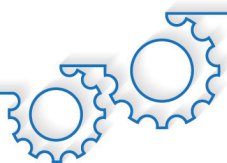
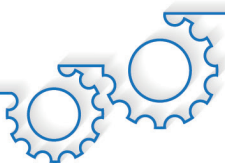
Sou engenheiro civil e professor da Escola Politécnica da PUC-PR, coordenando, por muitos anos, o curso de Engenharia Civil e tendo sempre o contato com o corpo discente da Instituição. Assim, sabemos da importância dos projetos que são desenvolvidos durante o trajeto acadêmico dos alunos para que no final tenham uma ótima atuação profissional.

A minha trajetória iniciou no Sistema CONFEA/CREA/MÚTUA e culminou com a Presidência do CONFEA com um programa de mudanças. E é isso que esperamos dos jovens profissionais da engenharia civil.

Esses 26 alunos que nos honram com as suas pesquisas serão os futuros docentes e pesquisadores de instituições de ensino público/privada; que construirão as edificações que tanto o povo brasileiro espera; as estradas que levarão o caminho do progresso juntamente com meio ambiente sustentável por meio de ações que levam o saneamento básico às pessoas mais necessitadas, dentre outras ações próprias da engenharia civil.

Os temas propostos neste e-book ratificam o que a sociedade espera destes novos profissionais, tais como: Gestão em Resíduos Sólidos; Construção Civil; Saneamento, Estruturas e outras áreas que dominam a engenharia civil.

Para finalizar, os meus parabéns a toda equipe de docentes da UNINGÁ que não mediram esforços para que estes artigos viessem a público para mostrar o que significa a educação para todos os seres humanos.

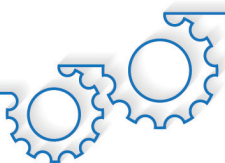
Estarei sempre à disposição de vocês!

Joel Krüger
Presidente do CONFEA

SUMÁRIO

COMPARATIVO FINANCEIRO NA ETAPA DE ALVENARIA ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE BLOCOS ESTRUTURAIS E O MÉTODO TRADICIONAL EM UMA RESIDÊNCIA DE MÉDIO PADRÃO NA CIDADE DE COTRIGUAÇU/MT

FINANCIAL COMPARISON IN MASONRY STEP BETWEEN THE CONSTRUCTIVE SYSTEMS OF STRUCTURAL BLOCKS AND THE TRADITIONAL METHOD IN A MEDIUM STANDARD RESIDENCE IN THE CITY OF COTRIGUAÇU/MT

André Paula **Bervian**
Arthur Felipe Echs **Lucena**

RESUMO

A busca por atrativos financeiros sempre se evidenciou de maneira sólida em todos os mercados, inclusive na construção civil. Muito além do lucro visado pelos investidores privados desta indústria, o corte de despesas durante a execução pode ser um fator crucial para a determinação da viabilidade do investimento. Nesse sentido, cada vez mais o controle financeiro prévio se faz necessário para rigorosos aspectos econômicos que começam na concepção do projeto. Neste trabalho, o objetivo foi comparar o sistema construtivo convencional com utilização de blocos cerâmicos e o sistema estrutural com a utilização de blocos de concreto, verificando o impacto econômico gerado pelos sistemas construtivos na etapa de alvenaria em uma obra de médio porte, localizada na cidade de Cotriguaçu/MT. Para o seu desenvolvimento, dimensionou-se um projeto de uma edificação unifamiliar fictícia. Ao levantar os quantitativos presentes no projeto e precificar os gastos com base em uma pesquisa de mercado, obteve-se os valores finais da edificação. Posteriormente, a comparação entre ambos os sistemas relevou que a alvenaria estrutural se mostrou aproximadamente 40% mais barata que a outra alternativa. Concluiu-se que isso se deve, essencialmente, à substituição dos pilares e vigas presentes no sistema construtivo convencional, os quais encarecem a edificação e não são necessários no caso da alvenaria estrutural.

Palavras-chave: Alvenaria Convencional. Alvenaria Estrutural. Orçamento.

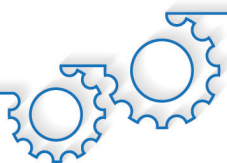
ABSTRACT

The search for financial attractions has always been evidenced in a solid way in all markets, including civil construction. Far beyond the profit targeted by private investors in this industry, cutting expenses during execution can be a crucial factor in determining the viability of the investment. In this sense, more and more prior financial control is necessary for rigorous economic aspects that begin with the design of the project. In this work, the objective was to compare the conventional construction system with the use of ceramic blocks and the structural system with the use of concrete blocks, verifying the economic impact generated by the construction systems in the masonry stage in a medium-sized project, located in the city Cotriguaçu/MT. For its development, a fictitious single-family building project was designed. When raising the amounts present in the project and pricing the expenses based on market research, the final values of the building were obtained. Subsequently, the comparison between both systems revealed that the structural masonry proved to be approximately 40% cheaper than the other alternative. It was concluded that this is essentially due to the replacement of the columns and beams present in the conventional construction system, which make building more expensive and are not necessary in the case of structural masonry.

Keywords: Budget. Conventional Masonry. Structural Masonry.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é essencial para o desenvolvimento nacional, haja vista sua grande capacidade de movimentação físico-financeira. Esse setor se apresenta como uma sólida representação na contratação da mão de obra, diminuindo, consequentemente, os índices de desemprego no país. Uma regressão desta indústria representa um abalo considerável no Produto Interno Bruto brasileiro e, por essa razão, inúmeras iniciativas públicas e privadas se manifestam com o intuito de ativar constantemente o mercado (TEIXEIRA; CARVALHO, 2005).

A intensa competitividade no setor instiga as empresas a encontrarem formas de se destacar no mercado. Contudo, isso muitas vezes acarreta em deficiências no sistema produtivo, tais como falta de qualificação na edificação, falta de planejamento, entre outros e, assim, ocasionam-se diversos problemas durante a vida útil da construção (FERNANDES; RAMOS; ALVES, 2019). Positivamente, essa grande concorrência também promove a busca por inovações, que passou a se tornar um diferencial entre empresas que brigam entre si pela preferência do cliente. Além da busca por saciar preferências dos consumidores, buscam-se também iniciativas para diminuir as despesas inerentes aos processos produtivos, possibilitando, assim, maiores lucros para os investidores.

Com o passar dos tempos, os avanços no meio científico e tecnológico apresentaram ao mercado, iniciativas inovadoras para a construção civil. Contudo, algumas destas inovações não são devidamente aproveitadas, gerando desperdício de potenciais construtivos. Comparando a indústria da construção civil brasileira com a de outros países, é possível observar que existe uma demanda por métodos construtivos mais eficientes e racionalizados nesses outros locais, o que fomenta e estimula o desenvolvimento de outras técnicas construtivas (CASSAR, 2018). Um grande exemplo de má utilização de uma tecnologia construtiva diferente da implementada em massa no Brasil se refere à alvenaria estrutural. Cavalheiro (1998) aponta que a alvenaria estrutural é um dos primeiros sistemas construtivos que se tem registros, aplicada em construções que ultrapassam milênios. Por isto, apesar de a alvenaria estrutural ser um sistema construtivo usado desde a antiguidade, apenas em anos recentes o processo está sendo aproveitado com um considerável volume.

Para a etapa de alvenaria, o sistema construtivo estrutural difere-se do não-estrutural, visto que, a alvenaria convencional de preenchimento com blocos cerâmicos apresenta-se como aquela destinada a dividir espaços e preencher vãos entre elementos estruturais de concreto armado. Ela não é concebida para suportar cargas verticais calculadas na estrutura, servindo de suporte apenas para seu peso (THOMAZ *et al*., 2009). Assim, este tipo de alvenaria apresenta alguns principais objetivos, como a vedação termoacústica de ambientes e limitação de espaços entre ambientes adjacentes. Segundo Fernandes, Ramos e Alves (2019), a etapa de alvenaria corresponde aproximadamente a 10% do valor total da edificação em sistemas construtivos tradicionais. Ainda, a alvenaria convencional se utiliza comumente de blocos cerâmicos com furos na vertical e, como supracitado, não apresenta função estrutural (GOMES *et al.,* 2018).

O consumo de blocos cerâmicos por metro quadrado de alvenaria, bem como o consumo de argamassa para assentamento, depende do tipo de bloco, das suas dimensões e da forma de assentamento. Ademais, é importante ressaltar que nesse método construtivo, concluída a estrutura de concreto armado de uma obra (seu esqueleto), inicia-se a execução de sua alvenaria (BAUER, 1994).

Em contraste à alvenaria convencional, outra tecnologia construtiva que pode ser empregada consiste no uso de alvenaria de blocos estruturais de concreto, com suporte estrutural. Assim, quando a alvenaria exerce a função de suportar carregamentos do edifício além de seu próprio peso, é caracterizado a utilização de um sistema construtivo chamado alvenaria estrutural (GARCIA, 2019). Assim, esse conjunto coeso serve para vedar espaços, resistir a cargas oriundas da gravidade, promover segurança, resistir a impactos e à ação do fogo, isolar e proteger acusticamente os ambientes, contribuir para a manutenção do conforto térmico, além de impedir a entrada de vento e chuva no interior dos ambientes (TAUIL; NESE, 2010).

Na alvenaria estrutural, os blocos devem resistir a todas as cargas, que no sistema de alvenaria convencional e estruturas aporticadas de concreto armado eram suportadas pelos pilares e vigas. O projeto ideal considera a distribuição das paredes de forma que cada parede atue como elemento estabilizador da outra (ARAÚJO, 1995). Há dois tipos de alvenaria estrutural: não armada e armada, conforme exposto junto a NBR 10837:1989 - Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989).

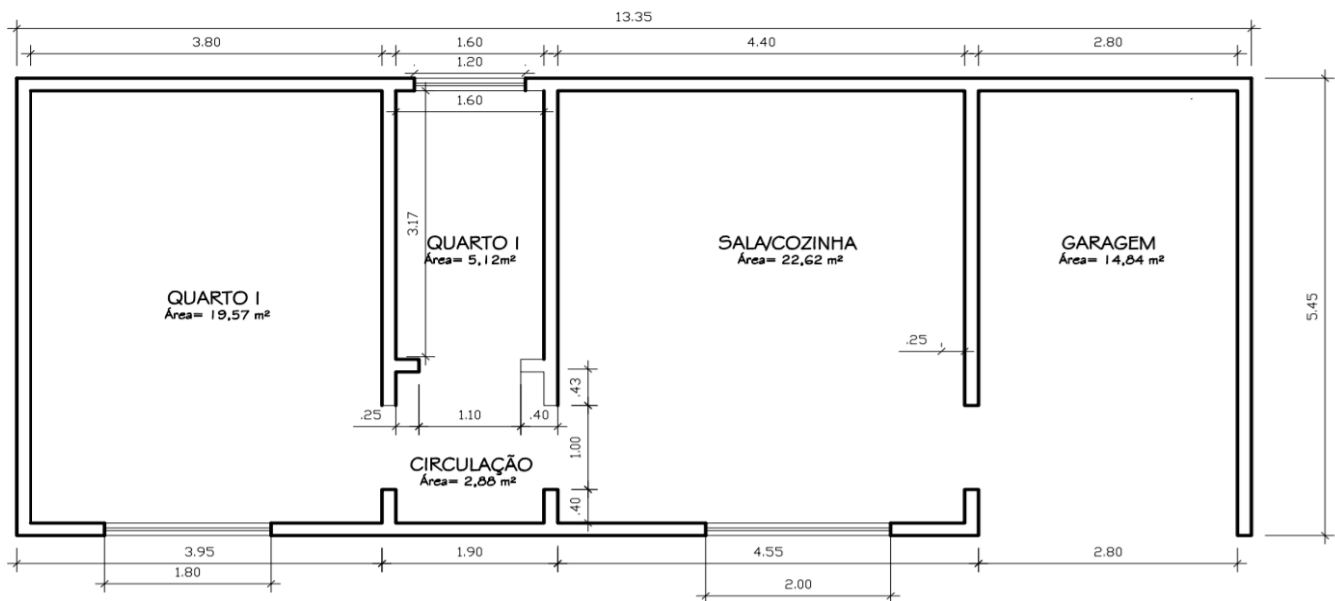
Muitas são as vantagens da alvenaria estrutural, sendo as principais a redução da utilização de armaduras e dos entulhos e a execução mais racionalizada. Em contrapartida, alguns projetistas preferem calcular as estruturas em concreto armado, devido ao fato de, entre outros fatores, não estarem habituados a projetarem estruturas em alvenaria estrutural (LEITE, 2012). Contudo, o que se sabe é de que, para sobreviver num contexto de mudanças tecnológicas, é essencial que os profissionais estejam aptos a absorver as transformações, sendo desejável que sejam criativos e capazes de promover inovações nos ambientes que atuam, optando ou não por mudanças dos sistemas construtivos (MELO, 2006).

São grandes as vantagens da utilização dos blocos estruturais dentro da construção civil, tais como medidas uniformes, economia de material, menor quantidade de desperdícios e geração de resíduos, ausência de chapisco e redução do tempo de obra. Contudo, esse sistema também apresenta inúmeras desvantagens, como a grande necessidade de adição de água devido à enorme absorção de água do bloco, baixo conforto térmico, necessidade de mão de obra especializada – ausente em uma grande quantidade de cidades no país, e o aumento do peso da estrutura. Ainda, devido aos blocos trabalharem como suportes estruturais, grandes reformas ou adaptações futuras devem ser planejadas de maneira que não abalem o sistema estrutural da edificação devido ao papel portante da alvenaria (GOMES *et al.,* 2018).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho visa comparar o sistema construtivo convencional com utilização de blocos cerâmicos e o sistema estrutural com a utilização de blocos de concreto, verificando o impacto econômico gerado por ambos os sistemas na etapa de alvenaria em uma obra de médio porte, localizada na cidade de Cotriguaçu/MT.

METODOLOGIA

Para embasar o presente estudo, realizou-se um levantamento bibliográfico de artigos científicos, dissertações de mestrado e TCCs. Trata-se uma pesquisa quantitativa, devido ao fato de que consiste em um comparativo financeiro entre dois sistemas construtivos presentes no atual cenário brasileiro da construção civil.

Figura 1 - Projeto desenvolvido para a análise quantitativa

Fonte: os autores.

Para a elaboração dos quantitativos, em conformidade com as etapas elencadas, utilizou-se a Tabela de Composição de Preços e Orçamentos (TCPO) (PINI, 2014). Além disso, realizou-se uma pesquisa de mercado em três fornecedores para cada item apresentado na composição, adotando o valor médio dos orçamentos. Ressalta-se que a cidade onde se aplica este estudo expressão é de pequeno porte e, por essa razão, se apresenta com poucas opções de mercado e preços altos quando comparados a regiões de maiores expressões. Para os blocos modulares de concreto estrutural, realizaram-se orçamentos nas empresas localizadas a um raio de 150 quilômetros da cidade de Cotriguaçu/MT.

Por fim, para uma maior exatidão quanto à comparação dos sistemas construtivos, considera-se que, quando utilizados os blocos estruturais, não existem pilares e vigas na edificação, haja vista que a alvenaria cumpre a função estrutural. Ainda, devido à composição e porosidade dos blocos da alvenaria estrutural, elimina-se a necessidade de chapisco. Assim, para que haja uma comparação equivalente entre ambos os sistemas construtivos, considera-se também a etapa de chapisco na solução de projeto baseada em alvenaria de blocos cerâmicos. Em síntese, as etapas comparadas entre ambos os sistemas construtivos para que haja equivalência de funções é disposta no Quadro 1.

Quadro 1 - Etapas consideradas para equilibrar as etapas construtivas de ambos os sistemas quando comparados

Bloco Cerâmico	**Bloco Estrutural**
Superestrutura	Alvenaria
Alvenaria	
Chapisco	

Fonte: os autores.

Para a determinação dos quantitativos de alvenaria estrutural, mostrou-se a necessidade da determinação de quais blocos estruturais serão utilizados. Visando buscar o melhor comparativo entre duas alvenarias, adotou-se os blocos apresentados na Tabela 1, conforme necessidade de espessura cada parede do projeto.

Tabela 1 - Blocos utilizados com dimensões de comprimento, altura e largura

Bloco	Dimensões (cm)	Espessura da argamassa (cm)	Dimensões Totais (cm)
I	14x19x19	0,10	15x20x20
II	14x19x39		15x20x40
III	14x19x54		14x20x55

Fonte: os autores.

Como requisito de uma boa coordenação, expõe-se a utilização de fiadas ímpares e pares, a fim de, evitar criações de juntas a prumo. Desta maneira, prevê-se que, o travamento existente entre as fiadas se apresente da maneira ilustrada na Figura 2.

Com isto, o projeto foi desenvolvido com fiadas ímpares e pares a fim de intertravar uma a outra. Na Figura 3, detalha-se a disposição de blocos na fiada ímpar. Ressalta-se que se descontam os espaços vazios presentes nas paredes devido aos vãos presentes na edificação (portas e janelas). Esse desconto é adotado uma vez que a solução modularizada em alvenaria estrutural evita desperdício, de modo que considerar os vãos como preenchidos por alvenaria resultaria em um quantitativo superestimado.

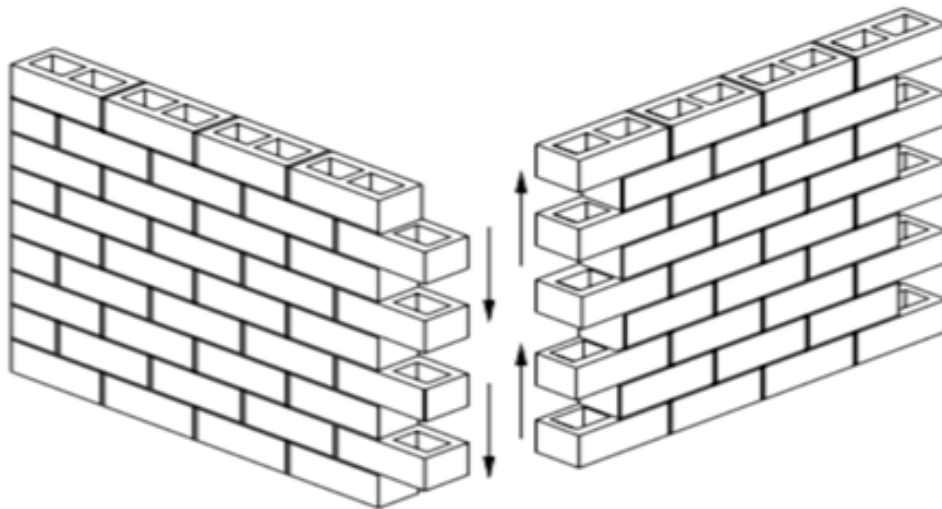
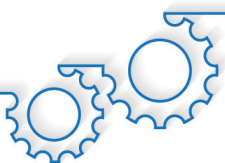
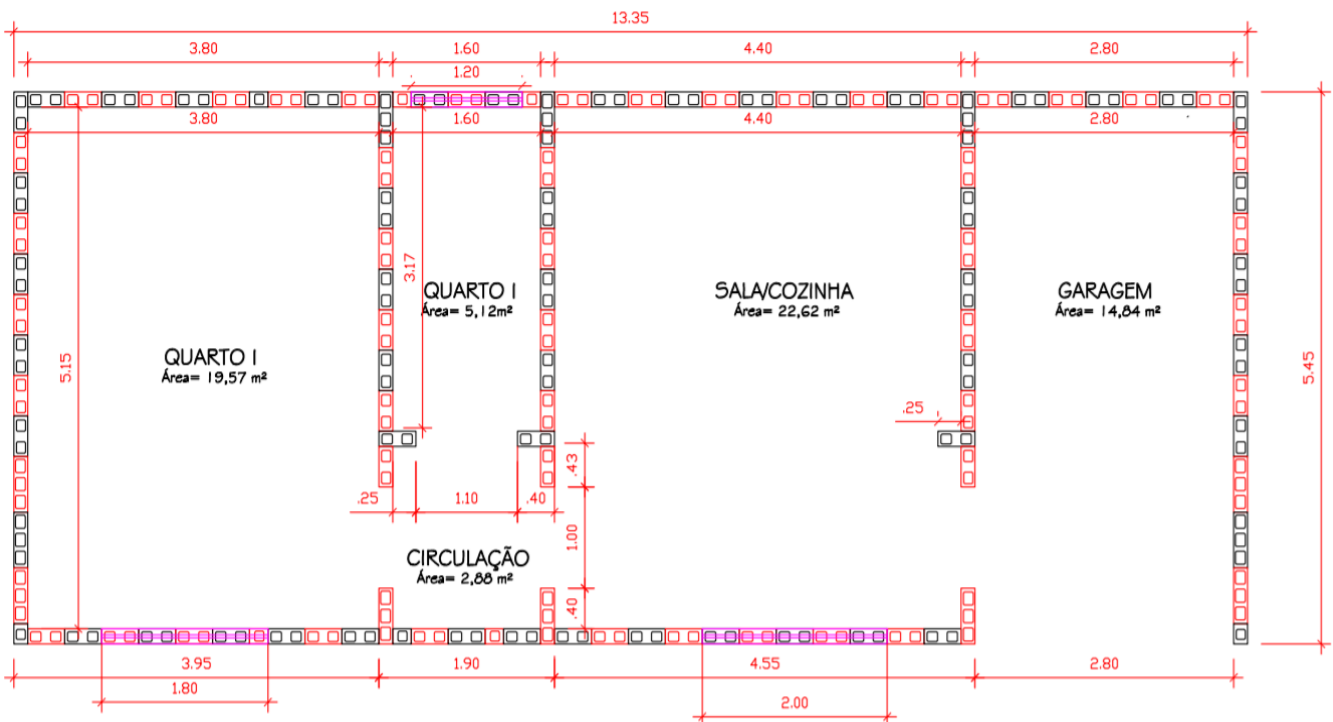
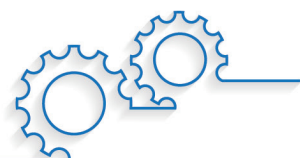
Figura 2 - Interação dos cantos das paredes estruturais com travamentos evitando assim, compensadores

Fonte: Ramalho e Corrêa (2003, p. 29).

Figura 3 - Fiada ímpar utilizada de base da edificação com três diferentes tipos de blocos de concreto

Fonte: os autores.

Em relação aos blocos cerâmicos, utiliza-se um único produto, com metragens de 9cmx15cmx25cm (altura x espessura e comprimento). São assentados em formato de uma vez (bloco deitado), para que as paredes tenham a mesma espessura do que quando são utilizados blocos de concreto. Além disto, consideraram-se vergas e contravergas armadas nas janelas, e vergas armadas nas portas. Ainda, os vãos presentes na edificação foram desconsiderados para a orçamentação quando apresentados metragens inferiores a 2 metros quadrados, levando em conta o desperdício presente no sistema construtivo.

Por fim, ressalta-se que se adotou um pé direito da edificação de 3,00 metros para a quantificação dos dois sistemas apresentados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a determinação das disposições estruturais e convencionais, possibilita-se a determinação dos orçamentos para tais sistemas construtivos. Nesse sentido, apresenta-se a Tabela 2, em que se relacionam os valores referentes ao sistema construtivo convencional com blocos cerâmicos na etapa de superestrutura que, conforme já mencionado, necessitou ser considerada para uma comparação mais assertiva com o sistema de alvenaria estrutural.

Tabela 2 - Valores da etapa de superestrutura que se ligam com a alvenaria já considerados a mão de obra

Itens	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Armadura de aço CA-50 12,5mm	kg	115,5	R$13,27	R$1.532,40
Armadura de aço CA-60 5,00mm	kg	95	R$14,81	R$1.407,00
Concreto	m³	2	R$394,36	R$788,73
Aplicação Concreto c/ vibrador	m³	2	R$56,13	R$112,25
Fôrmas	m²	6	R$7,03	R$42,21
Desmontagem das Fôrmas	m²	6	R$2,03	R$12,19
Total de gastos da superestrutura				**R$3.894,76**

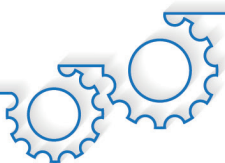
Fonte: os autores.

Nesta etapa, consideraram-se quatro barras de aço com diâmetro de 12,5 milímetros, além do preenchimento com concreto para cada pilar presente na edificação. Também foram considerados fôrmas e vibrador para o adensamento adequado do concreto. Logo em seguida, projetou-se a alvenaria utilizando blocos de cerâmica deitados (uma vez). Sua altura é representada por 9 centímetros, com um comprimento de 25 centímetros, além de uma espessura de 15 centímetros. Assim, se apresenta o orçamento da alvenaria de preenchimento na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores obtidos para vedação da alvenaria convencional, considerando vergas já considerados a mão de obra

Itens	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Tijolo cerâmico 9x15x25	m²	140	R$52,56	R$7.358,24
Verga moldada *in loco*	m³	0,75	R$1.811,89	R$1.358,92
Total de gastos da Alvenaria				**R$8.717,15**

Fonte: os autores.

Para a finalização da orçamentação desta etapa, realizou-se o orçamento da etapa de chapisco presente na concepção projetual. Assim, apresenta-se o orçamento desta etapa na Tabela 4.

Tabela 4 - Revestimento primário para maiores aderências futuras dos blocos cerâmicos já considerado a mão de obra

Itens	**Unidade**	**Quantidade**	**Preço Unitário**	**Preço Total**
Chapisco para parede interna ou externa	m²	306,9	R$2,80	R$858,02
Total de gastos no Revestimento				R$858,02

Fonte: os autores.

Desta forma, possibilitou-se a determinação do valor orçamentário para tais etapas que correspondem igualitariamente ao procedimento presente na alvenaria estrutural. Com isto, obtém-se a somatória das etapas, e conforme exposto na Tabela 5, o valor final da orçamentação construtiva do sistema convencional utilizando blocos cerâmicos para a vedação.

Tabela 5 - Resumo orçamentário do sistema construtivo convencional

Sistema Convencional	
Superestrutura	R$3.894,76
Alvenaria de vedação	R$8.717,15
Revestimento	R$858,02
Total	**R$13.469,93**

Fonte: os autores.

Para que seja possível realizar a comparação entre os sistemas, apresenta-se a seguir o orçamento da alvenaria estrutural. Para tal orçamento, baseou-se na Figura 3 para quantitativo dos blocos necessários, conforme modulação proposta. Vale ressaltar que as fiadas ímpares e pares se alternam a fim de travar a edificação. Contudo, não interferem nas quantidades de blocos por cada fiada. O quantitativo dos blocos necessário ao sistema de alvenaria estrutural é apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Dimensões e quantidades de blocos por fiada

	Dimensões	Quantidade
BLOCO I	14x19x19	9 unidades
BLOCO II	14x19x39	100 unidades
BLOCO III	14x19x54	12 unidades

Fonte: os autores.

A altura do bloco de concreto, acrescido da argamassa de assentamento, apresenta uma altura de 20 centímetros. Assim, são necessárias 15 fiadas estruturais. Nesse sentido, totalizam-se 1815 unidades de blocos estruturais quando somados todos os tipos de blocos. Contudo, ainda há a necessidade de descontar os vãos existentes na alvenaria. Assim, expõe-se na Tabela 7, os descontos considerados.

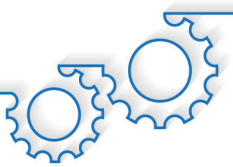



Tabela 7 - Blocos descontados do quantitativo devido as esquadrias

Elemento	Dimensões	Áreas (m²)	Descontos (unidades)
Janela Banheiro	1,20x0,60	0,72	09 Blocos II
Janela Quarto	1,80x1,20	2,16	06 Blocos I 24 Blocos II
Janela Cozinha	2,00x1,20	2,40	30 Blocos II
Porta Quarto	1,00x2,00	2,00	10 Blocos II 10 Blocos III
Porta Banheiro	1,10x2,00	2,20	10 Blocos I 10 Blocos II 10 Blocos III
Porta Cozinha	1,00x2,00	2,00	10 Blocos II 10 Blocos III
Porta Circulação	1,00x2,00	2,00	10 Blocos II 10 Blocos III

Fonte: os autores.

Assim, a partir dos descontos dos blocos utilizados, a edificação totaliza o seguinte quantitativo de blocos (Tabela 8):

Tabela 8 - Quantitativo de blocos considerando 15 fiadas de blocos de concreto

	Quantidade de blocos por fiada	Quantidade Total de blocos	Descontos		Total
Bloco I	9	135	16	119	
Bloco II	100	1500	73	1427	
Bloco III	12	180	40	140	

Fonte: os autores.

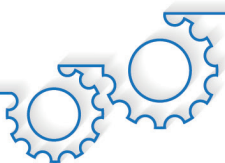
Com base na Tabela 9, foi possível realizar a orçamento dos blocos de concreto. Acrescidos aos blocos, considerou-se a mão de obra para a execução, além das caneletas utilizadas nas esquadrias e a argamassa industrializada para assentamento dos mesmos.

Tabela 9 - Orçamento Alvenaria Estrutural

Itens	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Preço total
Bloco de Concreto (14x19x19cm)	Unitário	119	R$2,49	R$296,31
Bloco de Concreto (14x19x39cm)	Unitário	1427	R$3,32	R$4.737,64
Bloco de Concreto (14x19x54cm)	Unitário	140	R$5,02	R$702,80
Canaletas (19X19X39cm)	Unitário	33	R$3,44	R$113,52
Mão de Obra Assentamento	m²	140	R$10,65	R$1.490,30
Argamassa de Assentamento	m³	140	5,95	R$833,00
Valores de alvenaria estrutural				**R$8.173,57**

Fonte: os autores.

Com isto, pode-se enfim, relacionar os valores de ambos os sistemas construtivos, conforme apresentado pela Tabela 10.

Tabela 10 - Comparativo final entre os sistemas construtivos de alvenaria convencional e bloco de concreto estrutural

Resumo Sistemas	
Sistema Convencional – Blocos cerâmicos	R$13.469,93
Sistema Estrutural – Blocos de concreto	R$8.173,57
Diferença (%)	39%

Fonte: os autores.

Por fim, houve uma diferença de R$ 5.296,36 de modo que a solução em blocos de concreto estrutural mostrou-se 39% mais vantajosa economicamente quando comparada ao sistema construtivo convencional edificado com blocos cerâmicos. Essa análise vai ao encontro dos resultados obtidos por Gomes *et al.* (2018), o qual relatam ser clara a maior viabilidade do modelo construtivo de alvenaria estrutural quando comparado ao modelo tradicional. Outros autores que trabalham com um resultado semelhante às obras apresentadas são Nunes e Junges (2008) que interpretam o resultado como uma demonstração de uma grande diferença de custo entre os dois sistemas, onde se apresenta a execução desta etapa construtiva com uma diferença de 26,38% favorecendo a alvenaria estrutural.

Além do aspecto orçamentário, outros fatores devem ser observados para a contratação do sistema construtivo na edificação, como logística, mão de obra, prazos e outros. Nesse sentido, o aspecto financeiro não se apresenta como único fator a ser considerado para a decisão por um sistema ou outro. Ademais, salienta-se que a precificação utilizada neste trabalho é representativa de uma cidade de pequeno porte e de grandes monopolizações, de modo que os preços podem se apresentar atípicos quando comparados a outros polos comerciais.

CONCLUSÃO

Em virtude dos dados apresentados, nota-se que a execução da alvenaria com blocos de concreto estrutural se mostrou mais vantajosa economicamente do que as alvenarias de vedação com blocos cerâmicos para o projeto analisado. Dentre diversos fatores influentes, destaca-se que isso se deve ao fato de que a substituição dos pilares e vigas pelos blocos estruturais representa uma grande economia. Além disso, para a execução deste sistema estrutural não se consideraram graute armados, visto que, a estrutura de médio porte não representa grandes esforços estruturais.

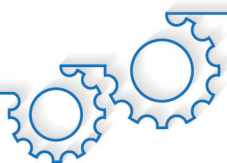
Salienta-se que não se pode limitar e condicionar o orçamento como único fator necessário para a determinação do sistema construtivo utilizado, pois, conforme já apresentado, diversos outros fatores influenciam na tomada desta decisão. Ademais, a inter-relação da etapa de alvenaria com outras etapas construtivas presentes no decorrer do processo produtivo pode trazer influências que não foram consideradas no recorte apresentado nesse estudo preliminar. Nesse sentido, como sugestão a trabalhos futuros, recomenda-se outras produções que analisem a obra globalmente, considerando também outras etapas construtivas deste sistema, além da análise de outros aspectos considerando o aspecto financeiro, como métodos construtivos, planejamentos, qualidades construtivas e outras áreas de grande interesse.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, H. N. **Intervenção em obra para implantação do processo construtivo em alvenaria estrutural: Um estudo de caso**. 1995. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10837**:1989. Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994.

CASSAR, B. C. **Análise comparativa de sistemas construtivos para empreendimentos habitacionais: alvenaria convencional x Light Steel Frame**. 2018. 108f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

CAVALHEIRO, O. P. Alvenaria estrutural: tão antiga e tão atual. **Jornal da ANICER,** Salvador, edição especial, 1998.

FERNANDES, P. H. T.; RAMOS, D. V.; ALVES, G. M. O aspecto econômico nos sistemas construtivos convencionais e em Wood Frame. In: GONZALEZ, E. F. (Org.). **Engenharia Civil: a teoria e a prática.** Maringá: Uniedusul, 2019. p. 387-405.

GARCIA, R. G. **Dimensionamento de paredes de alvenaria estrutural submetidas a carregamentos verticais: análise de paredes trabalhando de forma isolada e como grupos isolados.** 2019. 21f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - UNINGÁ – Centro Universitário Ingá, Maringá, 2019.

GOMES, J. H. D. *et al.* Análise comparativa do sistema construtivo de alvenaria convencional e sistema construtivo de alvenaria estrutural em uma casa térrea em Teófilo Otoni. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro – Unipac**, v. 6925, n. 2178, p. 128-144, 2018.

LEITE, R. C. S. **Racionalização do processo construtivo em alvenaria estrutural com bloco de concreto**. 2012. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2012.

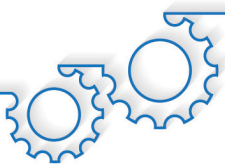
NUNES, C. C.; JUNGES, E. Comparação de custo entre estrutura convencional em concreto armado e alvenaria estrutural de blocos de concreto para edifício residencial em Cuiabá-MT. In: **Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído**. 7., 2008, Fortaleza. Fortaleza: ENTAC, 2008.

OLIVEIRA, F. A. **Organizações inovadoras sustentáveis**: **um estudo de caso no setor da construção civil.** 2015. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração de Empresas) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2015.

PENTEADO, P. T.; MARINHO, R. C. **Análise comparativa de custo e produtividade dos sistemas construtivos: alvenaria de solo-cimento, alvenaria com blocos cerâmicos e alvenaria estrutural com blocos de concreto na construção de uma residência popular**. 2011. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

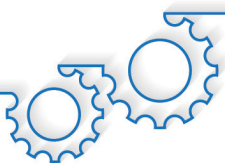
TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Pini, 2010.

THOMAZ, E. *et al.* **Código de Práticas Nº 01**: **Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos.** São Paulo: IPT, 2009. 65 p.

A UTILIZAÇÃO DO VANT (VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO) NA FISCALIZAÇÃO DE ÁREAS CONSTRUIDAS EM LOTES.

THE USE OF UAV (UNMANNED AERIAL VEHICLE) IN THE SUPERVISION OF AREAS CONSTRUCTED IN LOTS.

Daniel Cabelleira **Bom**
Allan Cassiolato **Berbert**

RESUMO

O crescimento urbano acelerado a partir da década de 1950 provocou diversas mudanças em meio à sociedade, tornando cada vez, mas difícil o planejamento e gestão municipais. Apresentado o problema em questão, o Cadastramento Territorial Multifinalitário (CTM) vem sendo alvo de estudos, uma vez que devido a sua funcionalidade o mesmo foi aplicado por diversos municípios. Diante disso, e do custo-benefício em qualidade e praticidade proporcionado pelos VANT'S se comparados aos outros métodos aéreos tripulados, os veículos aéreos não tripulados vem sendo uma alternativa cobiçada para obtenção de dados. Objetivo: demonstrar a efetividade da utilização do VANT como ferramenta para a atualização da cartografia e do Cadastro Técnico Multifinalitário municipal (CTM). Resultados: a utilização da ferramenta no Bairro Irmã Paulina em Cambará-PR obteve êxito e demonstrou que das 250 casas presentes no bairro, cerca de 140 apresentam áreas construídas irregularmente, resultando em cerca de 81% a mais de área construída do que declarado em lote.

Palavras-chave: Áreas de construção. Fiscalização. Veículo aéreo não tripulado (VANT).

ABSTRACT

The accelerated urban growth from the 1950s caused several changes in society, making municipal planning and management increasingly difficult. Having presented the problem in question, the Multifinalitarian Territorial Registration (CTM) has been the target of studies, since due to its functionality it has been applied by several municipalities. Therefore, and the cost-benefit in quality and practicality provided by UAV's compared to other manned aerial methods, unmanned aerial vehicles have been a coveted alternative for obtaining data. Objective: to demonstrate the effectiveness of using the UAV as a tool for updating the cartography and the Municipal Multifinalitarian Technical Register (CTM). Results: the use of the tool in the Sister Paulina neighborhood in Cambará-PR was successful and showed that out of the 250 houses present in the neighborhood, about 140 have irregularly built areas, resulting in about 81% more of the built area than declared in batch.

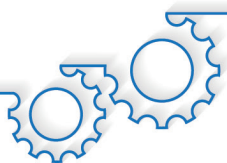
Keywords: Construction areas. Inspection. Unmanned aerial vehicle (UAV).

INTRODUÇÃO

O Brasil apresentou grande expressividade de êxodo rural a partir da década de 1950, o que resultou na migração de cerca de 30% da população rural para o meio urbano até o início dos anos 70. Com a organização territorial obsoleta e a falta de planejamento urbano, a rápida migração e crescimento populacional das áreas urbanas culminaram com a ocupação de lugares inadequados, invasão de lotes e até mesmo problemas ambientais. Na última década a migração diminuiu consideravelmente chegando a 17% (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020).

Sobre o êxodo rural, Gaspar (1970) argumenta que o mesmo resulta sobretudo da má distribuição das terras, de um lado a existência de grandes extensões de terras na mão de poucos e de outras propriedades rurais de pequeno porte normalmente voltadas para agricultura familiar, cuja rentabilidade é insuficiente para manter uma família. Enquanto poucos possuem de 500 a 1000 hectares de terra mal aproveitados, muitas famílias dividem cerca de 20 hectares para sobrevivência.

O Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) é uma importante ferramenta que pode ser utilizada para o planejamento e gestão, o mesmo possui dentre suas funções a identificação de bens e seus respectivos proprietários para a cobrança de impostos e a determinação dos direitos da propriedade, ou seja, trata-se de uma base cartográfica que descreve o sistema urbano através de dados imobiliários. A importância de manter o CTM atualizado decorre da possibilidade de manter um crescimento físico organizado e cobrança legal de tributos, tanto na parte rural quanto na parte urbana da cidade (LOCH; ERBA, 2007).

Segundo Blachut *et al.* (1974), o Cadastro Técnico Multifinalitário define-se como um sistema de registro de elementos espaciais que representam a estrutura urbana, constituindo-se de componentes geométricos e descritivos, o mesmo confere diversidade e agilidade em fornecimento de dados para atender diferentes funções bem como a de planejamento e gestão urbana.

O cadastro imobiliário é uma poderosa ferramenta de apoio à gestão municipal, servindo entre outras coisas, para a cobrança justa do Imposto sobre Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU). O mesmo compõe-se por um conjunto de arquivos digitais nos quais são registradas informações imobiliárias e mobiliárias do município dentre elas a identificação dos proprietários de imóveis e de prestadores de serviços existentes e utiliza dados obtidos via sensoriamento remoto para identificar a situação o qual se encontram lotes bem como suas demarcações e limites em uma base georreferenciada. Como resultado o cadastro gera um banco de dados contendo informações obtidas em campo a respeito das condições de cada lote. Somente por meio do recadastramento, os municípios podem identificar áreas de expansão irregulares, inserção de novos imóveis urbanos e demais modificações significativas.

A questão acerca do assunto, é que a atividade descrita gera custos aos quais os administradores locais não possuem condições e/ou interesse em arcar. Os elevados investimentos, tanto em recursos humanos quanto técnicos, requeridos para realização de levantamentos aéreos ou de campo têm sido apontados pelos municípios como obstáculos para as atualizações periódicas das suas respectivas bases cadastrais (AFONSO; ARAUJO; NÓBREGA, 2020).

A representatividade do IPTU na arrecadação global varia conforme o porte dos municípios e a sua região geográfica. Mas, além disso, esta seção procura demonstrar que a inserção das unidades locais nos centros do país, também teve papel preponderante na participação desse imposto na geração de recursos tributários próprios. Para tanto, os municípios foram classificados em microrregiões e tipologia de rendimento (AFONSO; ARAUJO; NÓBREGA, 2020).

Dentre as ferramentas viáveis para que os municípios possam controlar e organizar os problemas supracitados está o geoprocessamento, um conjunto de técnicas de coleta de dados que, por meio de processos computacionais geram informações espacialmente referenciadas, o que possibilita a produção de mapas, cartas, planilhas e gráficas (BAGGIO, 2016).

Para a realização do geoprocessamento, Baggio (2016) afirma a necessidade de conhecer programas que podem apresentar variações acerca da utilização, objetivos e preços, são eles; QGI's, software livre que permite a edição e análise de dados referenciados, o ARCGIS, sistema de informações geográficas, utilizado para gerenciar, criar, compartilhar e analisar dados espaciais, e não menos importante o SPRIT software de informação geográfica que conta com funções de processamento de imagens, modelagem numérica e outros. A partir das ferramentas apresentadas é possível visualizar a cartografia do município de modo a comparar com a realidade exposta.

Devido ao custo e velocidade quando comparados os processos de produção para fotografia aérea com aeronaves tripuladas, os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS) passam a ser uma opção de interesse na administração pública (MELO; COSTA, 2015). Para Xavier (2013) as plataformas VANTS foram criadas em 1988 e empregadas inicialmente por militares, outrora, devido a sua evolução em tamanho, eficiência e praticidade, passaram a ser utilizada em diferentes atividades como mapeamentos agrícolas, vigilância de tráfego e atualização de cadastros imobiliários.

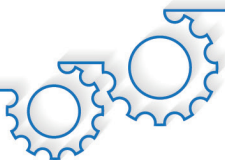
Os VANTS são equipamentos leves, feitos de materiais resistentes, e comumente compostos de fibra de carbono, apresentando estruturas dobráveis e desmontáveis de modo a facilitar o transporte (VIDAL, 2013). Além disso, possuem um controle para operação humana e podem ser equipados com câmeras, radar, GPS ou outros dispositivos de comunicação (MELO; COSTA, 2015).

A ferramenta básica para realizar uma atualização de uma cartografia e do CTM de um município é a ortoimagem e tem como objetivo espelhar a realidade de um local a partir de uma foto. De acordo com Debiasi e Florêncio (2004) pode ser definida como uma imagem retificada e corrigida dos deslocamentos devido ao relevo e variações de escala, combinando a representação de feições proporcionada pelas fotografias com a geometria oferecida pela carta.

Para ser realizada a ortoimagem, a ferramenta principal a ser utilizada é o VANT (Veículo Aero Não Tripulado) que conforme Melo (2016) é composto por uma estação de controle portável para operação humana, podendo ser equipado com sensores, tais como, câmeras, infravermelho, radar, GPS, ou outros dispositivos de comunicação especializada.

Na realização de aerolevantamentos utilizando o VANT, é preciso autorização do ministério da defesa (MD), seguindo as ordens de voos não tripulados desse órgão complementados pela Agência Nacional de Avião Civil (ANAC), estabelecido pelo Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Nº 94/2017 (RBAC-E nº 94/2017), o qual contém o regulamento das aeronaves cadastradas (BRASIL, 2017a).

Segundo a Agência Nacional de Avião Civil – ANAC, o operador deve possuir licença e habilitação válida e emitida por esta agência, sendo que aeronaves de classe 1 ou 2, ou ainda que desejam voar acima de 400 pés (120m) acima do nível do solo (BRASIL, 2017b).

Este artigo, tem como objetivo demonstrar a efetividade da utilização do VANT como ferramenta para a atualização da cartografia e do Cadastro Técnico Multifinalitário municipal (CTM). A utilização da ferramenta se deu na cidade de Cambará-PR, mais precisamente no Bairro Irmã Paulina, definido como objeto de estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

Situada no Norte Pioneiro do estado do Paraná, a cidade de Cambará conquistou o direito de elevar-se a município no ano de 1923, e sua população estimada em 2015 era de 25.170 habitantes segundo o site oficial do município, podendo ser vista pela Figura 1.

Após delimitado a região desejada para o aerolevantamento na cidade de Cambará, bairro Irmã Paulina conforme demonstra a Figura 2, é preciso realizar o plano de voo que define o trajeto que o VANT fará para a obtenção das imagens.

Figura 1 - Ortoimagem da cidade de Cambará

Fonte: os autores.

Figura 2 - Ortoimagem do bairro Paulina, objeto de estudo

Fonte: os autores.

O Código de Obras Municipal é definido pela Lei Complementar Nº 22/2009. Esse código é um instrumento que permite a administração do município controlar, fiscalizar e disciplinar a aprovação do espaço construído em seu entorno, bem como garantir conforto, higiene e segurança das edificações.

O Código de Obras estabelece critérios e normas a serem seguidos e atendidos para demolições, reformas e ou aprovação de novas obras, caso estas não sejam seguidas ou não sejam apresentados os devidos projetos e documentos solicitados à prefeitura a obra pode tornar-se irregular sob o ponto de vista administrativo, sendo passível de interferência do município o qual se localiza. Além das normas construtivas, exige-se que toda construção possua um responsável técnico e possua projeto elaborado por profissionais habilitados legalmente.

Para a atualização do cadastro multifinalitário no bairro Paulina na cidade de Cambará, utilizou-se o veículo aéreo não tripulado (VANT) asa fixa da marca Hórus modelo Verok conforme Figura 3, e este possui em suas características técnicas autonomia de bateria de 120 minutos, velocidade média de 60 km/h e envergadura de 1,7 metros. Quanto à sua estrutura, ela é composta 100% em fibra carbono, pesando em torno de 3,5 Kg.

Figura 3 - Drone Hórus Verok

Fonte: Horus (2020).

Para a verificação das coordenadas, foi realizada coleta de dados em campo, por meio de receptores TOPCON modelo HIPER V RTK, e este recebe correções de coordenadas por meio de rádio frequência UHF e possui precisão de 5 mm na direção horizontal e 10 mm na direção vertical. O levantamento foi realizado por meio do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) e pelo posicionamento diferencial, que realiza correções em tempo real, dispensando o processo pós-processamento.

Quanto à coleta de dados em campo, utilizou-se a "estação base", e esta deve ser fixada em um ponto estratégico o qual não possua interferências externas tais como árvores e antenas de rádio ou TV. Para coleta de pontos em todo o bairro Irmã Paulina utilizou-se o "Rover" que permaneceu em deslocamento para a captura de coordenadas com precisão. A estação base fica em constante comunicação com o "Rover" para que proceda todas as correções. Os locais em que foram coletadas as coordenadas são chamados de ponto de apoio, e demarcados conforme a Figura 4 (A – C), para que com o voo consiga se localizar em meio aos pontos.

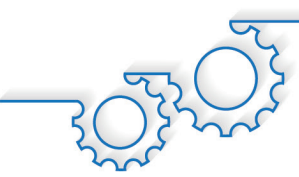



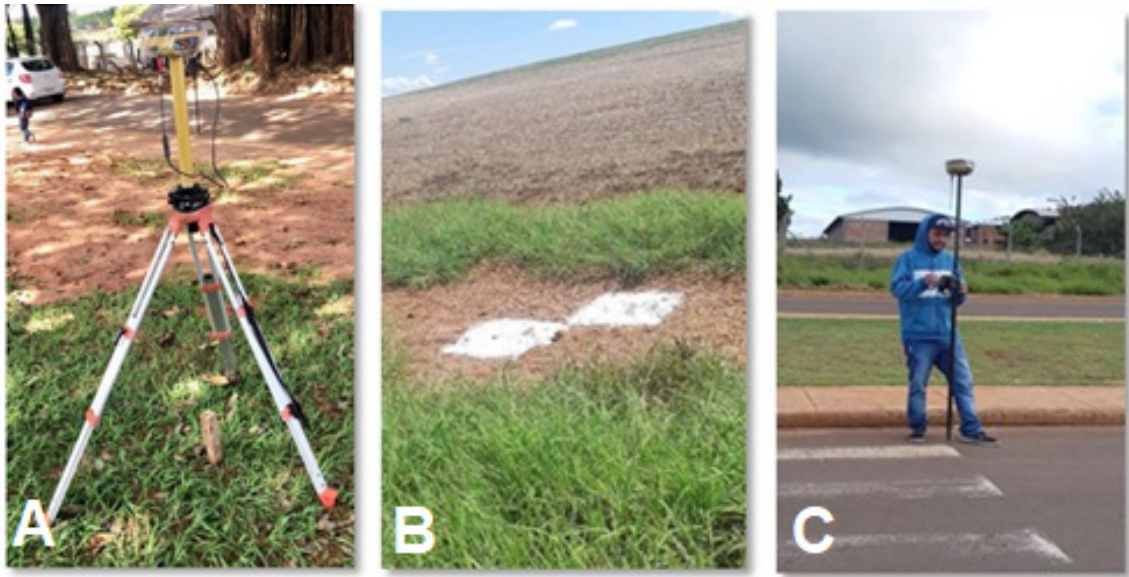
Figura 4 - (A) Estação; (B) Pontos; (C) Rover em movimento

Fonte: os autores.

Figura 5 - Grade de voo feita no software Mission Planner

Notas: *Caminho a ser percorrido pelo VANT.
Fonte: os autores.

Após a coleta de dados em campo, foi realizada a verificação dos sistemas da aeronave (VANT) assegurando a funcionalidade do veículo para voo conforme Figura 7, após isso se iniciou o aerolevantamento seguindo o checklist apresentado pela Figura 6, e a grade de voo representada pela Figura 5.

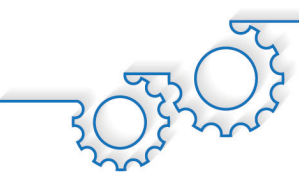



Figura 6 - Registro Pré e Pós voo

REGISTRO DE VOO | VANT VEROK HS   Local:

DATA E HORA DO VOO: / / : h   Operador:

CHECKLIST PRÉ VOO   Hora base: Hora rover:

01. RAMPA
- [ ] 1.0 Ligar base
- [ ] **1.1** Montar
- [ ] **1.2** Fixar pedal
- [ ] **1.3** Fixar elástico

02. CÂMERA
- [ ] 2.0 Tirar tampa da câmera
- [ ] **2.1** Verificar cartão SD
- [ ] **2.2** Ligar câmera RGB
- [ ] **2.3** Acomodar no VANT
- [ ] **2.4** Conectar no VANT

03. RÁDIO CONTROLE
- [ ] **3.1** Modo STAND BY
- [ ] **3.2** Paraquedas não acionado
- [ ] **3.3** Alavanca 1 abaixada
- [ ] **3.4** Ligar

04. VANT
- [ ] **4.1** Acomodar paraquedas
- [ ] **4.2** Verificar bateria
- [ ] **4.3** Ligar afastado de estruturas metálicas
- [ ] **4.4** Deixar imóvel por 12 minutos
- [ ] 4.5 Tester o log

05. MISSION PLANNER
- [ ] **5.1** Conectar
- [ ] **5.2** Verificar direção e altitude
- [ ] **5.3** Enviar plano de voo
- [ ] **5.4** Armar motor

06. TESTES PRÉ VOO
- [ ] 6.0 Testar foto
- [ ] **6.1** Pitot
- [ ] **6.2** Elevons
- [ ] **6.3** Pitch e roll
- [ ] **6.4** Motor
- [ ] **6.5** EKF
- [ ] **6.6** Satélites

07. VOO
- [ ] 7.0 Limpar Câmera
- [ ] **7.1** Pre-flight calibration
- [ ] **7.2** Esticar elástico
- [ ] **7.3** Posicionar na rampa
- [ ] **7.4** Modo AUTO
- [ ] **7.5** Conferir (#=1)
- [ ] **7.6** Lançar

Confira o detalhamento de cada item no final deste manual.

CHECKLIST PÓS VOO
- [ ] 1. Rádio controle no modo **STAND BY.**
- [ ] 2. **Movimentar** a alavanca **2 do rádio controle** observando os **elevons.**
- [ ] 3. **Desconectar** a bateria do **VANT.**
- [ ] 4. **Desligar** o rádio controle.
- [ ] 5. **Desconectar** o Mission Planner.
- [ ] 6. **Verificar as fotos** obtidas comparando com **número estimado** de fotos.
- [ ] 7. **Verificar** integridade do paraquedas.
- [ ] 8. Baixar Logs

Relatório de voo

Velocidade do vento: m/s
- [ ] Sol
- [ ] Nublado
- [ ] Nuvens

- [ ] Voo com sucesso
- [ ] Voo abortado

Obs:

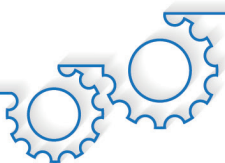
Carimbo	Ass responsável

Fonte: Horus (2020).

Figura 7 - Preparação do VANT para voo

Fonte: os autores.

Após o voo foi realizado o checklist pós voo para obtenção das informações necessárias para o processamento da imagem, uma vez que, cada imagem tem sua própria informação de coordenada, e a plataforma de processamento MAPPA então irá reconhecer estas coordenadas e unir as imagens formando a ortoimagem. Como software complementar foi utilizado o QGI's, que trata de uma ferramenta com código-fonte aberto que expõe dados com um sistema de informação geográfica, permitindo análises e edições dos mesmos, com todas essas informações ligadas a um banco de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como relatado, o primeiro passo para o recadastramento de imóveis é a atualização da base cartográfica contendo as subdivisões já existentes do local de estudo. Para atualização devem ser observados alguns pontos como;

- Afastamento - Distância mínima que a construção deve obedecer relativamente ao alinhamento da via pública e/ou às divisas do lote.
- Área Edificada - Superfície do lote ocupada pela projeção horizontal do pavimento térreo da edificação.
- Recuos do Terreno - Recuos são faixas junto aos limites do terreno que devem ficar livres de construções na frente, nos fundos e nas laterais do terreno. Devem ser indicados em metros.

Após a coleta de dados em campo, as edificações são dimensionadas e as imagens comparadas aos já existentes no Cadastro Técnico Multifinalitário identificando assim, as edificações regulares e irregulares, conforme Figura 8, após isso define-se o mapa cartográfico atualizado da área apresentando pela Figura 9. A OrtoImagem pode ainda ser utilizada na definição de metragens de logradouros que possuem ou não asfalto, definição de dados a serem utilizados em mapas de planos diretores, entre outros.

Figura 8 - Identificação de possíveis áreas irregulares

Fonte: os autores.

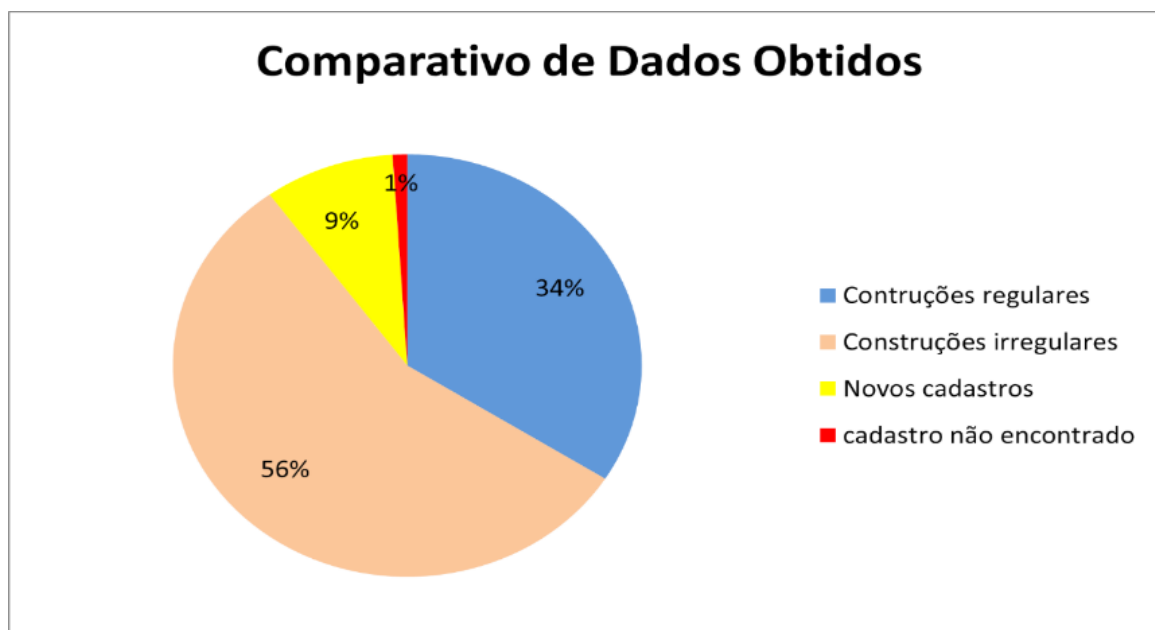
- Edificações com áreas Regulares (Conforme cadastro).
- Edificações com áreas irregulares.
- Edificações as quais não foram localizados cadastros.
- Edificações novas.

A coleta de dados no bairro irmã Paulina na cidade de Cambará utilizando o Veículo Aéreo não Tripulado (VANT), foi de grande serventia, na pesquisa e na busca de irregularidades dentre as 250 residências existentes, e cerca de 140 apresentaram áreas irregulares e ou ainda apresentaram área maior do que consta aprovado no cadastro já existente de Prefeitura Municipal de Cambará. Quanto ao somatório de áreas, antes da atualização a mesma era de 9.284,30 metros quadrados e atualmente é de 16.764,04 metros quadrados, ou seja, houve um crescimento significativo de cerca de 81% a mais de área construída declarada em lote quando utilizou-se o VANT para essa certificação.

Figura 9 - Mapa da cartografia atualizada pelo Ortofoto

Fonte: os autores.

Na Figura 10, verifica-se que a porcentagem de residências irregulares atualmente já representa cerca de 56 por cento do total de edificações presentes no bairro Paulina.

Figura 10 - Comparativo de dados

Fonte: os autores.

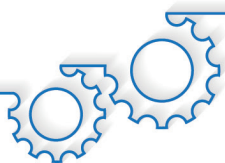
De acordo com informações repassadas pelo setor de arrecadação do município de Cambará, o valor do IPTU é cobrado de acordo com o bairro e padrão residencial das construções, sendo que no bairro Irmã Paulina o valor estaria em torno de R$8,93 por metro quadrado construído.

CONCLUSÃO

A obtenção de imagens por meio da ferramenta VANT é algo inovador e tecnológico que agrega valores como a possibilidade de análises a distância, sendo o caso da atualização cadastral de áreas construídas em lote. Além da inovação a ferramenta ainda é de grande precisão e agilidade, oferecendo a quem a utiliza a possibilidade de uma revista ou rápido mapeamento.

Quanto às imagens geradas, observa-se precisão de informações o que facilita o desenho e vetorização das edificações e de suas respectivas medidas. O método demonstra ser promissor quando o assunto é a fiscalização de construções existentes.

O estudo no bairro Paulina identificou inúmeras ampliações residenciais mesmo após a retirada do Habite-se junto a Prefeitura Municipal de Cambará, o documento em questão trata-se de uma certidão expedida pela prefeitura atestando a habitabilidade do imóvel, e a construção e ou reforma deste dentro dos parâmetros legais estabelecidos pelas leis municipais. Em caso de reforma e ou aumento da área construída o proprietário fica ciente de que deve informar a Prefeitura Municipal quanto às alterações, o que não foi o caso das residências irregulares encontradas.

Como resultado o estudo observou um aumento de cerca de 81% a mais de áreas construídas em lote do que o declarado no cadastro já existente no município, o que em termos percentuais representa 56% das edificações presentes no Bairro Irmã Paulina estão irregulares. Considerando ser um bairro de classe baixa e o valor por metro quadrado construído de IPTU estaria em torno de R$8,93 a o órgão municipal estaria deixando de arrecadar cerca de R$66.794,08 em impostos anualmente, que poderiam ser investidos em infraestrutura dentro do próprio bairro ou no município.

Ao avaliar os resultados obtidos é possível destacar a importância de uma fiscalização urbanística eficiente em todas as cidades, e essa poderia contribuir para a somatória e arrecadação de IPTU para o município, bem como para o planejamento urbano e norteamento de decisões dos gestores urbanos.

REFERÊNCIAS

AFONSO, J. R. R.; ARAUJO, A. E.; NÓBREGA, M. A. R. **O imposto predial e territorial urbano (IPTU) no Brasil: um diagnóstico sobre o grau de aproveitamento do imposto como fonte de financiamento local.** Disponível em: https://www.lincolninst.edu/sites/default/files/pubfiles /2357_ 1697_Afonso_WP14JA1PO.pdf. Acesso em; 25 maio 2020.

BAGGIO, J. M. **Geoprocessamento**. 1. ed. Maringá: UniCesumar, 2016.

BLACHUT, T. *et al*. Cadastre as a basis of a general land inventory of the country. In: **Cadastre: various functions characteristics techniques and the planning off land Record system**. Canada: National Council, 1974.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Regras sobre drones**. 2017. Disponível em: www.anac.gov. br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release_drone.pdf/view. Acesso em: 26 maio 2020a.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Requisitos Gerais Para Aeronaves não Tripuladas de Uso Civil – RBAC– E n° 94**, de 02 de maio de 2017. Disponível em: www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/ legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94/@@display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf. Acesso em: 26 maio 2020b.

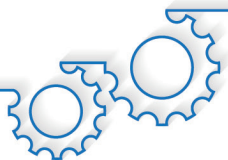
DEBIASI, P.; FLORÊNCIO, S. Fotogrametria digital e a produção de orto foto carta. In: **SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA**, Porto Alegre: UFRGS, 2004.

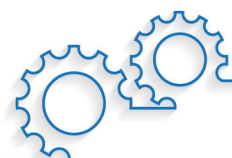
GASPAR, L. M. Migrações rurais e crescimento urbano. **Revista de Ciências Sociais**, v. 1, n. 1, p. 124-135, 1970.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográficos de 1950, 1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010**. Disponível em https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/ demografico 2000/sinopse-preliminar. Acesso em: 20 maio 2020.

LOCH, C.; ERBA, D. A. **Cadastro técnico multifinalitário: rural e urbano**. Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007.

MELO, R. R. S. **Diretrizes para inspeção de segurança em canteiros de obra por meio de imageamento com veículo aéreo não tripulado (VANT).** 2016. 160f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Da Salvador, Salvador, 2016.

MELO, R. R. S; COSTA, D. B. **Uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) para inspeção de logística em canteiros de obra**. São Carlos: SIBRAGEC ELAGEC, 2015.

VIDAL, A. M. F. **Extração e avaliação de geo-informação pelo uso de imagens adquiridas por veículos aéreos não tripulados**. 2013. 59f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geográfica) - Universidade do Porto, Porto, 2013.

XAVIER, R. **A utilização do VANT em levantamentos ambientais.** 2013. 36f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Análise Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM GINÁSIO DE ESPORTE

ANALYSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN SPORTS GYM

Eduardo Lonardone **Capitol**
Julio Ricardo de Faria **Fiess**

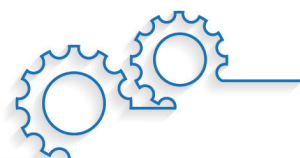
RESUMO

O presente artigo tem por objetivo realizar um estudo crítico de um levantamento de manifestações patológicas em um ginásio de esportes, localizado em uma pequena cidade do noroeste do Paraná. A pesquisa levou em conta o levantamento de patologias através da vistoria do local, com intuito de identificar a origem e as causas das manifestações patológicas. Além disso, apresentou-se as condutas a serem tomadas para a resolução de todas as patologias de forma efetiva. Constatou-se que o ginásio de esportes possui diversos problemas, como infiltrações, corrosões, trincas, eflorescência, entre outros. Todas as medidas foram fundamentadas em prevenir e prolongar a vida útil da edificação, a fim de assegurar o conforto e a segurança. Com isso concluiu-se, que uma análise detalhada de patologias é fundamental para que se obtenha as soluções adequadas, para a melhor reparação e prevenção, mostrando que grande parte das manifestações patológicas são originadas por erros de projeto, execução e falta de manutenções periódicas.

Palavras-chave: Manutenções. Método de Análise. Patologias em Edificações.

ABSTRACT

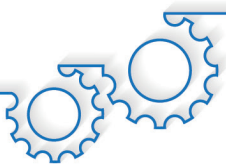
This article aims to conduct a critical study of a survey of pathological manifestations in a sports gym, located in a small city in the northwest of Paraná. The research took into account the survey of pathologies through the inspection of the site, in order to identify the origin and causes of pathological manifestations. In addition, they present themselves as conducts to be separated for the resolution of all pathologies effectively. It was found that the sports gym has several problems, such as infiltrations, corrosions, cracks, efflorescence, among others. All measures were based on preventing and extending the building’s useful life, in order to ensure comfort and safety. With this, it is known that a detailed analysis of pathologies is essential to obtain the solution found, for the best solution and prevention, showing that most of the pathological manifestations are caused by errors in design, execution and lack of periodic maintenance.

Keywords: Analysis Method. Building pathologies. Maintenance.

INTRODUÇÃO

Na engenharia, as patologias fazem parte de mecanismos, causas ou origens de defeitos relacionados às edificações. Em alguns casos, o diagnóstico dos problemas pode ser realizado com visualizações diretas. Para casos mais específicos, ou onde o problema é considerado mais grave, é necessário fazer uma análise de projeto; investigar cargas submetidas à estrutura; avaliar de que forma foi executada a obra; analisar as condições do solo, para que desta forma seja possível identificar os problemas e corrigi-los, afim de que não se manifestem novamente. A grande preocupação com as manifestações patológicas é que, boa parte dos danos possui um caráter evolutivo, podendo desta forma trazer riscos e situações de perigo a curto prazo (CÁNOVAS, 1988).

O estudo de patologias em edificações consiste em encontrar explicações científicas para irregularidades e problemas em edificações. Isso pode ocorrer na fase de construção, projetos, qualidade de materiais, ou fenômenos naturais, levando em conta sua duração residual. Para todos os casos, o objetivo é procurar propor a melhor maneira de se resolver os danos visando qualidade e a sustentabilidade (MACHADO, 2002).

Mesmo com o avanço da tecnologia, das técnicas construtivas e utilizando materiais com maior controle de qualidade, é muito grande o número de edificações que apresentam patologias dos mais variados tipos. Grande parte desses problemas são causados por erros em projetos, planejamento, ou em manutenções em edificações, que poderiam assegurar durabilidade e o cumprimento da vida útil prevista. Em geral falhas relacionadas às fases de projeto e planejamento são as mais recorrentes e são consideradas mais graves em relação a outros tipos de patologias, como os métodos construtivos e a má qualidade dos materiais utilizados (HELENE, 2003).

O uso inadequado da edificação ou a falta de manutenção podem ocasionar manifestações patológicas. Para evitar esse tipo de problema, é preciso informar os usuários das limitações da construção e dos reparos necessários (OLIVEIRA, 2013).

A elaboração de um bom manual de uso, manutenção e operação, pode ser muito importante para evitar diversos problemas na edificação, além de servir como defesa para os usuários e responsável técnico, pois deixa clara a responsabilidade de cada uma das partes, refletindo dessa maneira na vida útil e na durabilidade da edificação (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013).

A umidade é uma das patologias mais frequentes e mais complicadas de serem resolvidas em uma edificação. Os problemas, em geral, são fenômenos complexos, que trazem grande desconforto e problemas de funcionalidade na edificação. Em sua maioria, são ocasionados pela falta de um bom planejamento detalhado e falhas na execução, trazendo grandes consequências, como reparos futuros que são de alto custo (PEREZ, 1988).

Segundo a NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉNICAS, 2013), a definição de durabilidade de uma construção corresponde a capacidade de manter o seu desempenho a condições aceitáveis, atendendo assim, às necessidades dos usuários. A vida útil corresponde ao tempo em que é mantida a capacidade de serviço da edificação, atendendo às exigências para as quais foram projetadas.

Assim, o presente artigo tem como objetivo o estudo de patologias em um Ginásio de Esportes localizado em uma pequena cidade no noroeste do Paraná. O estudo consiste em um diagnóstico dos problemas relacionados a edificação, entendendo suas causas, para posteriormente descrever quais as condutas a serem tomadas e verificar a necessidade de intervenção dos problemas.

MATERIAL E MÉTODOS

O objeto de estudo é um ginásio de esportes com 18 anos de término de construção, área total construída de 3.540,98m², onde foram previstas uma quadra, uma academia, sala de materiais e banheiros. Localizado em um zoneamento urbano em uma pequena cidade no noroeste do Paraná, foi construído com recursos públicos do munícipio.

Critério para determinação do estudo de caso

Optou-se pelo ginásio de esportes devido à grande quantidade de manifestações patológicas encontradas e por ser um ambiente público, onde são ministradas aulas para crianças e adolescentes. Além disso, a localização em uma avenida, tornou fácil o acesso para realização das vistorias, bem como para a coleta de relatos iniciais de pessoas que frequentam cotidianamente os ambientes. Todos os locais foram vistoriados e a maioria apresentou algum tipo de patologia.

Levantamento das patologias encontradas

O levantamento de manifestações patológicas é a etapa em que se reúnem todos os dados e informações que foram coletados para o estudo. Para isso realizou-se uma observação no local para a verificação minuciosa de patologias, buscando observar detalhadamente cada um de seus aspectos. Foram executados registros fotográficos para os problemas verificados, pesquisas bibliográficas relacionadas às patologias identificadas e a verificação de histórico de intervenção realizada na edificação, para obter maior número de informações possíveis.

Diagnóstico das situações observadas

O diagnóstico das patologias, segundo Lichtenstein (1985), é o entendimento dessas manifestações buscando relação de efeito e causa. O processo de diagnóstico constitui na contínua redução da incerteza inicial pelo progressivo levantamento de dados. Esta progressiva redução da incerteza é acompanhada por uma redução do número possível de hipóteses, até que se chegue em uma correlação satisfatória entre o problema observado e um diagnóstico preciso para esse problema.

No estudo em questão, o diagnóstico foi realizado através do exame visual do desgaste e de seu meio ambiente. A análise foi baseada em literaturas, no projeto e no histórico de reparos e manutenções na edificação.

Definição de condutas

Para Lichtenstein (1985), a conduta a ser seguida tem por objetivo descrever o trabalho a ser seguido para a resolução dos problemas verificados, incluindo a definição sobre os meios (material, mão de obra e equipamentos) e a previsão das consequências em termos de desempenho final.

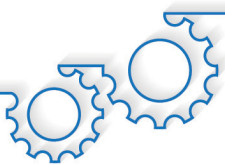
Desta forma, a partir de todas as patologias verificadas no estudo, desenvolveu-se uma definição de conduta a ser seguida, com sugestões e soluções para todas as manifestações patológicas analisadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a realização do estudo de patologias, a visita ao local do presente trabalho foi realizada no dia 1 de junho de 2020. Em quase todos os locais vistoriados, foram detectados problemas de trincas, fissuras, eflorescências, mofos, bolores, oxidação de materiais. Os problemas eram caracterizados, em sua maioria, por umidade e, em alguns casos, por erros de projeto.

Levantamento das manifestações patológicas da fachada

Foi possível observar na fachada (Figura 1), a presença de umidade nas paredes com aspecto de escorrimento, com coloração escurecida. Observou-se também na esquadria uma oxidação em todo o metal, representando uma forte oxidação da esquadria.

Figura 1 - Fachada do ginásio de esportes

Fonte: os autores.

Diagnósticos das manifestações patológicas da fachada

O problema analisado na fachada está ligado a um erro de projeto, uma vez que na esquadria foi possível perceber a ausência de pingadeira. Desta forma, a água se acumula na base da janela e escorre ao longo da parede. Essa percolação da água sobre a parede com a saturação da argamassa de revestimento, agrava-se com passar do tempo, diminuindo a resistência da argamassa, podendo ocasionar até mesmo seu desplacamento. Há uma ausência de beiral, isto faz com que a água escorra diretamente na parede e na janela, os materiais de revestimento como o reboco é poroso e indica propriedades higroscópicas.

De acordo com Thomaz (1996), materiais que apresentam propriedades higroscópicas são aqueles que têm relação direta com a quantidade de água que podem absorver. A secagem das matérias provoca o aparecimento de forças de sucção, conduzindo o fluido até a superfície. As alterações no teor de umidade apresentam deformações irreversíveis e reversíveis. A primeira, assim que é fabricado o material, indica um ganho de umidade até atingir umidade higroscópica de equilíbrio. Já a segunda, passa por variações de umidade em período de tempo, ocorrendo ou não a saturação total do material. Ainda segundo o autor, alguns materiais após a saturação por completo, não retornaram ao seu tamanho inicial.

Nas esquadrias, foi possível observar a oxidação, causada pela falta da pingadeira e uma tinta esmalte antioxidante para metais, caracterizando novamente erro de projeto. O metal, em contato com ar e água, reage quimicamente, ocasionando a corrosão e posteriormente o surgimento da ferrugem. De acordo com Helene (1986), a definição de corrosão está relacionada com reações químicas, ou eletroquímicas destrutivas de materiais, resultado de sua interação com o ambiente.

Definição de conduta das manifestações patológicas da fachada

Segundo Thomaz (1989), o processo de reparo deve acabar ou reduzir as patologias. A recuperação deve ser voltada para prevenção, pois quanto mais próximo a medida preventiva estiver da conduta de correção, mais efetivo será o reparo.

A conduta mais eficiente a ser adotada nessas circunstâncias é a instalação de uma pingadeira para que, dessa forma, a água se projete afastada da fachada, reduzindo o escorrimento e a percolação da água nos poros dos materiais. É necessária a remoção do revestimento afetado, para posteriormente ser utilizado um material impermeabilizante para aplicação da argamassa. A pintura externa da edificação deverá ser aplicada com tinta própria impermeável e com utilização de selante para a água não percolar na parede. Além disso, toda a esquadria deverá ser pintada com tinta esmalte específica antioxidante, evitando a corrosão e permitindo o seu funcionamento adequado.

Levantamento das manifestações patológicas do banheiro

Na Figura 2, foi possível observar uma quantidade expressiva de umidade e percolação de água nas paredes internas e externas do banheiro. As paredes apresentam deterioração e grandes quantidades de mofo. Observou-se também oxidação das esquadrias e a presença de eflorescência nas paredes. De acordo com Santos Filho (2008), quimicamente eflorescência é acúmulo de cristais formados por sais de sódio e potássio, ou de cálcio e magnésio, que são solúveis na água, que se acumulam na superfície do revestimento.

Diagnósticos das manifestações patológicas do banheiro

Verificou-se, nessa análise, a existência de erros de projetos e execução. Toda a parede, tanto na parte interna como na externa, nitidamente não foram impermeabilizadas. A parede, em sua totalidade, apresenta corrosão devido ao excesso de umidade e mofo, que exibiam coloração mais esverdeada. Na parte interna do banheiro, onde a água é percolada pela parede, os sais da argamassa são conduzidos para o lado externo do revestimento. Dessa maneira, a água evapora e ficam nítidos os cristais na parede, na cor branca, fenômeno que é chamado de eflorescência.

A água da cobertura escorria pela parede e se acumulava próxima ao peitoril das janelas. As esquadrias foram cercadas por paredes como medida de segurança, porém o tubo de drenagem não era suficiente para dias mais chuvosos, causando o acúmulo de água próximo ao peitoril, percolando através das paredes, caracterizando, assim, erro de projeto. As esquadrias foram oxidadas devido ao excesso de umidade e a falta de pingadeira fez com que a água se acumulasse na base da janela, escorrendo pela parede. Observou-se, também, pequenas fissuras horizontais nas bases das esquadrias, que foram originadas devido a variações térmicas, que dilatam e contraem o metal da esquadria, bem como a grande quantidade de umidade, que provocou a diminuição da resistência.

Segundo Santos Filho (2008), pesquisas apontam que em torno de 50% das patologias em edificações diagnosticadas no brasil, são causadas devido à forte presença de umidade.

Figura 2 - Banheiro do ginásio de esportes

Fonte: os autores.

Definição de conduta das manifestações patológicas do banheiro

As patologias mencionadas foram relacionadas ao excesso de umidade na edificação. Para a resolução dessas patologias, as primeiras medidas que foram sugeridas estão relacionadas à, passam pela correta drenagem da calha da cobertura, para que a água não escorra na parede, sendo viável um tubo de queda de drenagem na calha. O ralo de drenagem e inclinação não foram suficientes para dias mais chuvosos, logo seria necessário refazer o caimento da água e ser instalado um ralo de drenagem maior, para que a água não se acumulasse no local. As esquadrias estavam em um estado muito crítico, perderam sua funcionalidade por estar exposta a intemperes e umidade por longo período. Dessa forma, sugeriu-se que seria necessário a instalação de novas janelas, com a implantação de pingadeiras, para que a água não escorra pelos meios porosos do reboco. Observou-se também a necessidade de uma tinta esmalte antioxidante, para que os efeitos das intempéries não afetem a vida útil das esquadrias.

Sugeriu-se que todo o revestimento e reboco comprometido, tanto na parte interna como na parte externa da parede do banheiro, deveriam ser removidos. As paredes precisavam ser impermeabilizadas com um tipo de material específico como manta asfáltica, para evitar novas propagações de água pela alvenaria, sendo necessário também um material antifúngico inserido na nova argamassa, evitando problemas com fungos novamente, em ambos os lados da parede. Na parte externa do banheiro, o recomendado para o caso é uma pintura com tinta específica impermeável e, na parte interna, para melhor acabamento, sugere-se que seja instalado um tipo de azulejo retificado de boa qualidade para banheiros.

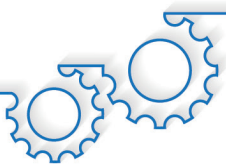
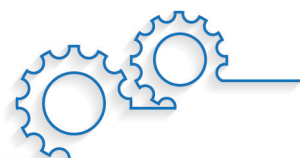
Levantamento das manifestações patológicas do forro da academia

Na academia do ginásio de esportes, foi possível observar uma grande deterioração do forro de madeira, como mostra a Figura 3. Observou-se que uma porção do forro nas laterais próximas à viga está arqueada e parte dele já se soltou. A madeira apresentava fungos e umidade e abaulamento nas extremidades.

Figura 3 - Forro da academia do ginásio de esportes

Fonte: os autores.

Diagnósticos de manifestações patológicas do forro da academia

As manifestações patológicas, apresentadas na Figura 3, caracterizavam que o forro de madeira estava submetido a intemperes e a umidade, tendo em vista a presença de fungos na madeira e a decomposição da mesma. De acordo com Bauer (1994), a madeira é um material orgânico, que está sujeito a receber ataques de insetos xilófagos, que se alimentam de madeira e aos fungos que são seres vivos que vivem como parasitas, estes são os principais agentes causadores do apodrecimento da madeira.

Com a deterioração da madeira causada por parasitas, ocorreram um abaulamento das peças, ou seja, ela perde parte de sua resistência deformada pelos esforços. Em alguns pontos, pode-se observar na figura 3, que houve um rompimento total do forro. O ambiente em análise apresentava forte presença de variações térmicas, com intensa insolação na parede, na parte da tarde, isso fez com que a dilatação e a contração dos diferentes tipos de materiais, como madeira e o reboco, causassem diferentes formas de tensões, acarretando na soltura da madeira do revestimento.

O projeto e o memorial descritivo foram analisados e não existiam informações em relação à maneira de instalar e tratar a madeira com produtos para proteger de parasitas e umidade, caracterizando erro de projeto. Não foram encontrados históricos de manutenções, tendo em vista a quantidade de patologias e um grave aspecto visual.

Definição de conduta das manifestações patológicas do forro da academia

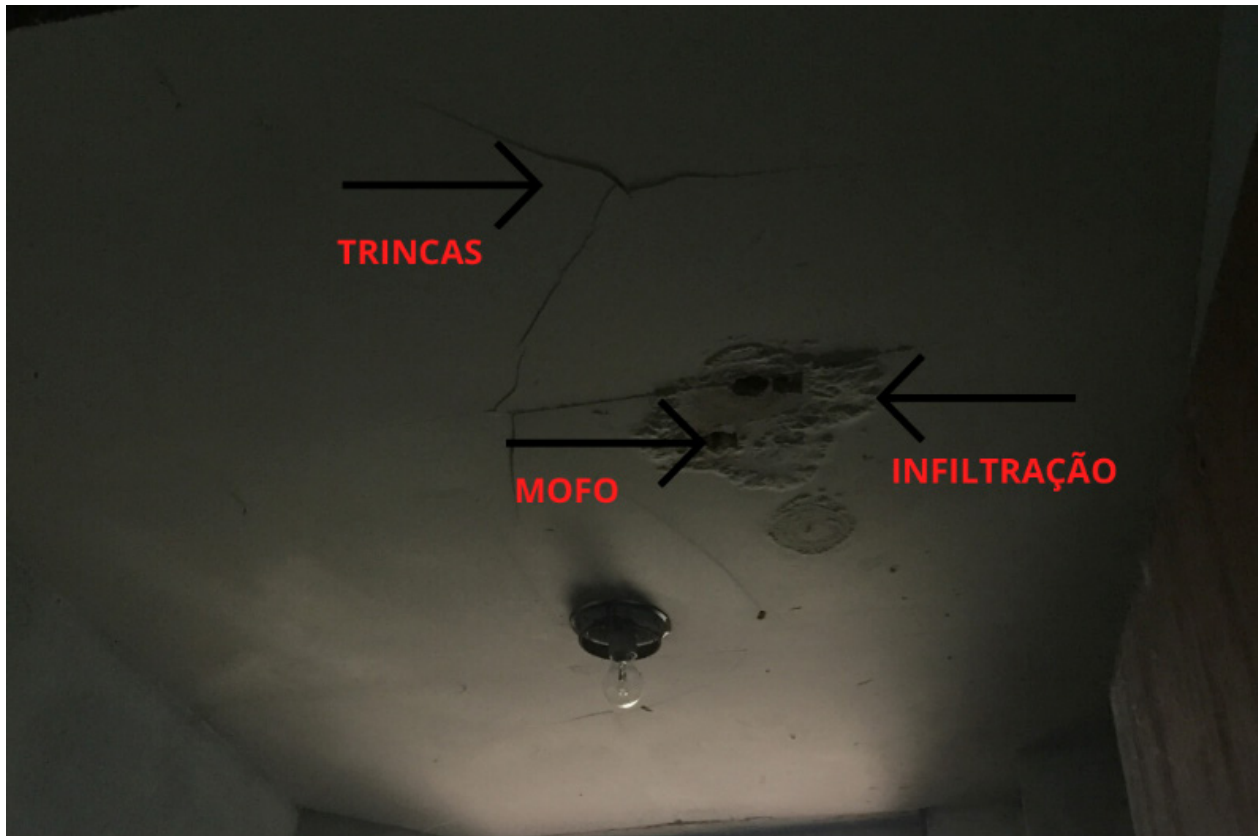
Uma vez que a madeira é decomposta, por se tratar de um material biológico, fica impossível reverter ou recuperar sua forma original, pois as reações químicas e físicas que ocorrem no material mudam suas características, fazendo com que ele perca sua utilidade. Dessa forma, a única solução para o caso seria a remoção de todo o forro apodrecido para a instalação de um novo, podendo ser um de madeira ou de outro material.

Para a instalação de um novo forro de madeira, os cuidados devem ser iniciados logo na instalação, utilizando um material impermeabilizante para evitar que a madeira entre em contato com umidade e, posteriormente, a presença de fungos e bactérias. É necessário que sejam utilizados produtos para evitar ataques de pragas como cupins, além de uma tinta específica para madeira, a fim de aumentar a vida útil do material. A manutenção, com o passar do tempo, se torna necessária, para que os problemas patológicos não voltem a acontecer.

É possível fazer a utilização de outros tipos de materiais, que para a situação, se enquadrariam melhor como PVC. Esse material pode apresentar maior resistência a umidade e a agentes externos, sendo um material mais econômico, de alta durabilidade e de fácil instalação. Para cada tipo de material escolhido, a instalação e os cuidados seriam específicos.

Levantamento de manifestações patológicas do forro da sala de materiais

O ambiente em análise apresentava problemas de vazamento de água no forro de gesso, uma vez que acima do ambiente existe um banheiro no pavimento superior. Foi reparado, na Figura 4, a presença de infiltração e emboloramento no forro, com trincas aparentes em todos sentidos.

Figura 4 - Forro da sala de materiais do ginásio de esportes

Fonte: os autores.

Diagnósticos de manifestações patológicas do forro da sala de materiais

As manifestações ocorridas nesse ambiente são caracterizadas por uma falha no sistema hidrossanitário, presente no pavimento superior. Essas falhas na tubulação fizeram a água respingar no forro de gesso do quarto de materiais, que fica no pavimento térreo. Durante a vistoria, realizou-se um teste de descarga do vaso sanitário, que provocou um gotejamento no forro em análise, evidenciando que havia um vazamento nas tubulações. A edificação não apresentava históricos de manutenções no sistema hidrossanitário desde sua inauguração. As variações de temperatura geraram dilatações e contrações da tubulação e, com o tempo, originaram deformações nos tubos. Outro fator importante são as tensões que os fluídos causaram na tubulação, pois essas tensões mecânicas afetaram as ligações dos tubos com as juntas de ligações.

Segundo Vieira (2016), é comum o aparecimento de vazamentos em tubulações hidrossanitárias, são resultantes dos excessos de deformações, soldas nos encaixes mal executadas, uso de materiais de baixa qualidade, reparos indevidos nas tubulações, ou ainda emendas que não são confiáveis.

Toda essa umidade presente no gesso foi ocasionada pela percolação da água infiltrada, gerando o surgimento de fungos, que se instalaram e deterioraram o material. Dessa forma, o forro começou a expandir devido ao acumulo de água, gerando tensões adicionais que causaram as trincas. Na Figura 4, pode-se perceber a presença de fungos originados pela umidade, esses microrganismos decompõem a matéria e prejudicam seu funcionamento e vida útil.

Para Alucci, Flauzino e Milano (1985), o vazamento em tubulações e infiltrações de águas em materiais porosos, de forro ou acabamentos, estão relacionadas com o aparecimento e desenvolvimento de microorganismos nos materiais umedecidos, pertencentes ao grupo dos fungos.

Definição de conduta das manifestações patológicas do forro da sala de materiais

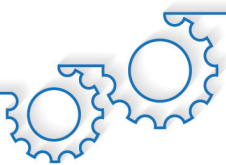
Para sanar a patologia apresentada na Figura 4, sugeriu-se que a reparação deve ser realizada primeiramente no vazamento identificado. Dessa forma, é necessária a remoção da parte danificada do forro de gesso, para localização do vazamento, considerando que apenas uma parte do forro apresenta forte presença de umidade. De acordo com Silva e Sales (2013), umidade é uma das patologias mais difíceis de se resolver em uma edificação. Esses problemas estão relacionados com diminuição da vida útil do material, comprometendo sua funcionalidade e propiciando a proliferação de microrganismos, que além do dano material, podem causar doenças respiratórias e tornar o ambiente insalutífero.

A troca da tubulação danificada foi proposta por se tratar de uma tubulação antiga. As juntas dos assessórios e a tubulação já apresentavam alterações físicas e químicas e não estavam suportando as tensões dentro da tubulação, originando os vazamentos. As placas de gesso removidas foram descartadas para a instalação de novas placas, atentando-se para a correta instalação dos pinos, armações de aço e a fixação das placas. Foi proposta a utilização de materiais impermeabilizantes na laje e uma tinta específica para o forro, garantindo a máxima longevidade do material contra umidade.

Levantamento de manifestações patológicas da quadra poliesportiva

Foram verificadas, na quadra poliesportiva do ginásio, patologias relacionadas ao concreto do piso, que apresentava deterioração e trincas em todos os sentidos. Na cobertura, havia manifestações patológicas, como fissuras e furos na telha de aço ocasionando goteiras, além de algumas estarem soltas e causarem ruídos com o vento, como ilustra a Figura 5.

Figura 5 - Quadra poliesportiva do ginásio de esportes

Fonte: os autores.

Diagnóstico de manifestações patológicas da quadra poliesportiva

Como representado na Figura 5, nota-se que as trincas observadas podem ter sido ocasionadas por fatores físicos, como variações de temperatura que dilatam e contraem os diferentes tipos de materiais, que apresentam características térmicas distintas e compõem o concreto, como areia, brita, cimento, gerando tensões e trincas que possibilitam a entrada de agente externos agressivos à estrutura. De acordo com Thomaz (1989), as reações de temperatura podem ser diárias ou por uma determinada estação do ano. Essas variações dilatam e contraem os diferentes tipos de materiais que apresentam coeficiente de dilatação térmica distintas e geram tensões, podendo desenvolver trincas ou fissuras.

Outro fator que foi observado, foi a presença de umidade, gerada pelos furos na cobertura. A água em contato direto com o concreto reage, gerando alterações químicas e prejudicando a resistência do concreto nas tensões. Essa umidade também possibilita a entrada de microrganismos, que deterioram o concreto.

Foi possível verificar na Figura 5, que uma parte das trincas é originada no eixo em que são instaladas a trave da rede de vôlei, que quando inserida, gera vibrações mecânicas no piso de concreto. As tensões formadas pela trave, quando utilizada, geram tensões normais e de cisalhamento no concreto, levando ao surgimento de trinca e fissuramentos.

Na cobertura, a estrutura de aço com telhas galvanizadas apresentou variações térmicas, dilatando e contraindo o aço. O vento originou vibrações e tensões mecânicas, e a umidade contribuiu para a corrosão e a perda de resistência da cobertura que, com o passar do tempo, desgastou e prejudicou seu funcionamento. O impacto de alguns objetos na cobertura pode ter causado os furos, como exemplo disso, as chuvas mais intensas de granizo. Segundo Panossian (1993), o processo de corrosão é expressamente prejudicial, pois dessa forma, o aço perde sua resistência mecânica, elástica, ductilidade, estética, tornando-se indesejável, uma vez que o material não possui suas propriedades originais.

Definição de manifestações patológicas da quadra poliesportiva

Para a resolução dos problemas relacionados ao concreto da quadra poliesportiva, sugeriu-se que todo o concreto seja retirado e a parte deteriorada seja removida, para que uma nova camada de concreto seja aplicada com aditivos, que permitam uma cura mais demorada e o concreto não perca água muito rapidamente e fissure, garantindo assim uma maior resistência. De acordo com Andrade (1992), o preparo adequado do concreto original é muito importante para que o novo consiga a aderência perfeita, querer aplicar um novo material antes de eliminar o concreto deteriorado, pode intensificar ainda mais as patologias apresentadas.

Após o concreto pronto, foi sugerido um piso emborrachado, pois o mesmo apresenta características ideais para o ambiente, o piso apresenta vantagens como resistência, durabilidade, com sistemas de drenagens nas laterais da placa sem infiltrações, além de apresentar muita segurança para as crianças, adolescentes e professores, onde as aulas são ministradas. Para as patologias apresentadas na cobertura, recomendou-se primeiramente a limpeza do metal e uma pintura com tinta esmalte antioxidante, para proteger o metal de corrosões, além da troca das telhas comprometidas para resolver os problemas das goteiras na quadra.

Segundo Panossian (1993), as manutenções devem se periódicas nos metais para evitar problemas de corrosão, podendo ser corrigidos de maneira fácil se percebidos rapidamente, com limpeza e pintura protetora, com custo baixo na intervenção e melhorando e prolongando a vida útil das estruturas metálicas.

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o presente estudo revelou as patologias encontradas no ginásio de esportes localizado em uma pequena cidade do noroeste Paraná. Foram analisados e diagnosticados todos os dados, obtidos na vistoria do local, baseados em análise visual e fundamentados em literaturas. Para todas as manifestações patológicas apresentadas e diagnosticadas, foram propostas condutas a serem tomadas de forma a prevenir e prolongar a vida útil da edificação. O estudo também conclui que grande parte dos problemas encontrados são originados, em sua maioria, por umidade na edificação, causada pela falta de planejamento, característicos de erros de projeto ou por erros de execução dos métodos construtivos e de mecanismos de manutenções na edificação.

O estudo atingiu o objetivo, identificando os problemas e diagnosticando suas causas e origens, posteriormente apresentou medidas corretivas, a fim de assegurar a integridade e a funcionalidade da edificação, obtendo segurança e conforto ambiental para funcionários e alunos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ALUCCI, M. P.; FLAUZINO, W. D.; MILANO, S. **Bolor em edifícios: causas e recomendações**. São Paulo: Pini, 1985.

ANDRADE, C. **Manual para Diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. São Paulo: Pini, 1992.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção: novos materiais de construção**. 5. ed. v. 2. Rio de Janeiro: LTC, 1994.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais**: **Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. Brasília: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

CÁNOVAS, M. F. **Patologia e terapia do concreto armado.** São Paulo: Pini, 1988.

HELENE, P. **Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Reabilitar, 2003.

HELENE, P. R. L. **Corrosão em armaduras para concreto armado**. São Paulo: Pini, 1986.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das Construções: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações.** 1985. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, 1985.

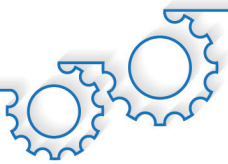
MACHADO, A. P. **Reforço de estruturas de concreto armado com fibras de carbono.** São Paulo: Pini, 2002.

OLIVEIRA, D. F. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. 2013. 97p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

PANOSSIAN, Z. **Corrosão e proteção contra corrosão em equipamentos e estruturas metálicas**. v. 2. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1993.

PEREZ, A. R. Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção da penetração de água pelas fachadas. In: **Tecnologia de Edificações**. São Paulo: PINI, IPT-Divisão de Edificações, 1988. p. 571-574.

SANTOS FILHO, L. M. **Apostila patologia das construções**. Curitiba: [s. n.], 2008.

SILVA, I. S.; SALES. J. C. **Patologias ocasionadas pela umidade: estudo de caso em edificações da Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA**. In: International Congress on Pathology and Repair of Structures, 9, 2013, João Pessoa – Paraíba, 2013.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios**. São Paulo: Pini, 1996.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios**: **causas, prevenção e recuperação**. São Paulo. Pini, 1989.

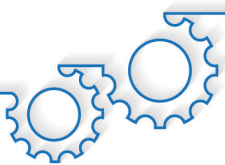
VIEIRA, P. C. C. **Patologias em Instalações Hidrossanitárias de Edifícios Residenciais na Zona Centro-Sul de Manaus (AM): Diagnóstico e Terapia.** 2016. 103f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

AVALIAÇÃO DA RODOVIA AGENOR BORTOLON PR-477 UTILIZANDO O MÉTODO DE SEGURANÇA POTENCIAL

EVALUATION OF THE AGENOR BORTOLON PR-477 ROAD USING THE POTENTIAL SAFET METHOD

Felipe Vinicius **Francischini**
Allan Cassiolato **Berbert**

RESUMO

Compreendendo que a área de estradas engloba diversos setores da engenharia civil, é possível abordar um dos quesitos mais essenciais do setor rodoviário: a realização do método de segurança potencial. Ela possibilita aos profissionais uma visão mais ampla e incorporada dos princípios do projeto, podendo atingir a segurança dos possíveis utilizadores da rodovia. Em vista disso, o presente artigo avalia a segurança dos usuários que percorrem a rodovia Agenor Bortolon, PR-477. Sendo assim, o método proposto tem como resultado o perfil de segurança da rodovia e dos trechos rodoviários, onde foram constatados aqueles segmentos que desenvolvem maiores adversidades nas condições de segurança. Logo, o procedimento adotado possibilita, até então, que se faça uma verificação fragmentada de diferentes trechos, com o objetivo de apontar as propriedades físicas que mais auxiliam para a ausência de segurança. Conforme o método inspecionado, o perfil de segurança do segmento avaliado obteve o valor do Índice de Segurança Potencial global do trecho igual a 5,147 potencialmente razoavelmente segura.

Palavras-chave: Método de segurança potencial. PR-477. Rodovia.

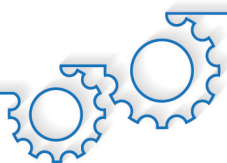
ABSTRACT

Understanding that the road area encompasses several sectors of civil engineering, it is possible to address one of the most essential requirements of the road sector: the realization of the potential safety method. It allows professionals to have a broader and more integrated view of the project's principles, reaching the safety of possible road users. In view of this, this article assesses the safety of users who travel the Agenor Bortolon, PR-477 highway. Thus, the proposed method results in the safety profile of the highway and road stretches, where those segments that develop the greatest adversities in safety conditions were found. Therefore, the adopted procedure makes it possible, until then, to carry out a fragmented verification of different stretches, with the aim of pointing out the physical properties that most assist in the absence of security. According to the inspected method, the safety profile of the evaluated segment obtained the value of the global Potential Safety Index of the stretch equal to 5.147 - potentially reasonably safe.

Keywords: Highway. Potential Security Method. PR-477.

INTRODUÇÃO

Com o objetivo de proporcionar a preservação da rodovia, inúmeras medidas de segurança têm sido aplicadas para a verificação de estradas no Brasil e no mundo. Em razão disso, algumas medidas destinam-se ao acompanhamento de atos preventivos efetuados pelo setor público e privado a fim de obter a redução da quantidade de acidentes nas estradas, e é importante ressaltar que para a possibilidade de comparação e classificação de trechos isolados de diferentes rodovias e regiões, são necessárias as medidas de precaução com fundamental relevância para analisar de forma ampla a segurança rodoviária, expondo imperfeições não identificadas por procedimentos isolados (DIÓGENES, 2004).

Logo, conceituando-se que a rodovia nem sempre é o elemento primordial ocasionador dos acidentes, é notável almejar um método específico fundamentado em características físicas rodoviárias que não seja eficiente a ponto de constar a ocorrência dos acidentes. Segundo o European Transport Safety Council (ETSC) (2001), evidencia-se que a ocorrência desses acontecimentos é capaz de não demonstrar os requisitos de segurança de um determinado trecho. Com base neste pressuposto, os percursos que necessitam de maior cuidado e habilidade do condutor por causa da sua diversidade e/ou adversidades que constituem um ambiente inseguro, podem não ser os locais onde ocorrem tais acidentes. A relação entre ocorrência de acidentes e os requisitos de insegurança do modal rodoviário seria capaz de ser explicada, conforme European Transport Safety Council (2001), pelo seguinte critério: dada a falta de segurança em um ponto definido, os usuários da rodovia conduzem de modo cuidadoso, conseguindo pelos seus atos suprir o risco potencial da rodovia. Nesse caso, os condutores percorrem esses trechos inseguros sem se envolver em acidentes.

Em síntese, quando é realizada uma investigação de acidente fica explícito indicar o comportamento predominante de ações humanas, ocasionado pela conduta inadequada do ser humano como, no caso, a falta de processamento, falta de observação e identificação (obstáculos, distâncias e sinais), falha na aplicação de manobra ou falha na tomada de decisão (AUSTROADS, 1994 *apud* NODARI, 2003).

No que se refere ao modal rodoviário, a aplicação de um planejamento estruturado, que englobe medidas de segurança é capaz de amenizar as falhas humanas e as decorrências das circunstâncias. Mediante a isso, alguns casos que envolvem essas medidas é a inclusão de trechos acessíveis de reintegração da marginal em uma via com alto índice de velocidade, conhecidos como zonas livres. De acordo com South Dakota Departament of Transportation (SDDOT) (2007), estudos têm apontado que uma largura de 9 metros ou mais, a começar da margem da pista de rolamento e desprovida de obstruções, possibilita que 80% dos veículos desordenados por algum motivo e que desocupam o trecho da via parem com precaução ou retornem para a via.

Conforme o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2010), os parâmetros, para o progresso da segurança aplicados em uma estrada têm por finalidade preservar a proteção e o conforto dos usuários a partir do ponto de planejamento (visão ampla do projeto) até a abertura do trecho. Dito isso, o reconhecimento e reparo de possíveis falhas de segurança quando da criação do projeto impede a necessidade de aprimoramento dessas falhas, na qual decorre em gastos suplementares irrelevantes as entidades públicas encarregadas pela infraestrutura rodoviária.

Mediante a verificação do método de segurança potencial em trechos rodoviários de pista simples, foi elaborado o reconhecimento das características físicas da via na qual induzem a proteção de pessoas que faz a utilização dessas rodovias. Sendo assim, todas as características possuem pesos relativos, previstos a partir de conceitos estatísticos, no ponto de vista dos peritos do segmento de transporte e de usuários comprometidos continuamente em incidentes rodoviários (NODARI, 2003).

Por todos esses aspectos, o método de segurança potencial analisa a inspeção de segmentos rodoviários sendo realizado pelo índice de segurança potencial (ISP), elaborado por Nodari (2003), método esse estabelecido para rodovias rurais pavimentadas de pista simples. O ISP compreende em verificar segmentos cruciais das vias, eventualmente perigosos, baseado na verificação de 34 características físicas, sendo divididas em nove macro categorias (superfície do pavimento, curva, interseções, sinalização vertical e horizontal, elementos longitudinais, seção transversal, usuários vulneráveis, laterais da rodovia e componentes gerais). Contudo, o ISP possui um valor que se altera de 1 a 10, sendo que conforme menor o valor do ISP, teoricamente mais inseguro vai ser o segmento e assim, respectivamente, à medida que maior for o valor do ISP, mais seguro vai ser o segmento rodoviário (NODARI, 2003). O método de segurança potencial não se utiliza para a verificação de vias que ainda estão na parte de projeto (não empreendido).

Em suma, a conservação dos pontos tecnológicos da rodovia é capaz de causar resultados que garantem uma perspectiva de segurança que induz consideravelmente a conduta dos usuários. Diante disso, a conservação das características físicas das vias se torna necessárias por um motivo de aprimoramento em que se tem uma superfície rodoviária mais segura (OGDEN, 1996).

De modo a cooperar com o meio acadêmico e com os condutores da rodovia Agenor Bortolon PR-477, o estudo referente ao método utilizado é um parâmetro das condições físicas de segurança potencial de um segmento rodoviário, na qual não deve ser visto como um procedimento de previsão de acidentes. Tendo em vista que a principal utilidade do método de inspeção é a identificação do perfil de segurança potencial da rodovia.

Diante disso, o presente artigo tem por objetivo avaliar a rodovia PR-477 pelo método de segurança potencial por meio de uma inspeção em campo, na qual é realizado o levantamento fotográfico de todo o percurso, a determinação das condições do pavimento e sinalização do trecho além de classificar esses trechos conforme a sua credibilidade definida.

MATERIAL E MÉTODOS

O método de Inspeção de Segurança Potencial (ISP) empregado nesse artigo é de característica aplicada, visto que oferece um aprimoramento de um processo adequado para a avaliação das rodovias brasileiras. O ISP utilizado na PR-477 limita-se em duas etapas: na primeira é executada uma medida de segurança para rodovia que compõe na formação do Índice de Segurança Potencial (ISP), e na segunda é desempenhado um padrão de inspeção da segurança que constitui na construção de um procedimento feito pelo recolhimento dos dados em campo para a condição correspondente do ISP.

Rodovia Agenor Bortolon (PR-477)

A PR-477 é classificada como uma rodovia de ligação e quanto à jurisdição, uma via estadual. Seu marco inicial está no trevo da PR-323 com a PR-477. Em seus 36 km a rodovia Agenor Bortolon passa por três distritos, na qual os 6 km iniciais do trecho passam pelo distrito de Três Marcos, no km 20 passa pelo distrito de Santa Olga e no km 30 passa pelo distrito de São Silvestre, finalizando o marco final no km 36, na cidade de Nova Olímpia.

A rodovia Agenor Bortolon (PR-477) foi escolhida para realizar o método através das suas desconformidades existentes na mesma e que são notáveis as suas deficiências pela pavimentação de leito e subleito comprometidas, sinalização e geometria do trecho. Então, a falta de segurança e credibilidade implica no desconforto do motorista ao fazer o uso da pista.

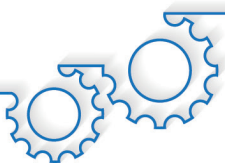
O segmento inspecionado neste artigo está indicado na Figura 1.

Figura 1 - Extensão da PR-477 entre o trevo da PR-323 e a cidade de Nova Olímpia, avaliado pelo ISP

Fonte: Habituado de Google Earth Pro.

O Quadro 1 apresenta a rodovia e a localização do segmento inspecionado, de acordo com o método de segurança potencial proposto.

Quadro 1 - Percurso inspecionado na aplicação do método

Trecho classificado			
Rodovia	km inicial - km final	Extensão	Localização do segmento
PR-477	0 - 36	36 km	Rodovia Agenor Bortolon PR-477: Trecho entr. PR-323 Cruzeiro do Oeste e Nova Olímpia.

Fonte: os autores.

Método De Inspeção

A medida de inspeção é elaborada pelo preenchimento da planilha utilizado pelos dados coletados em campo, na qual o trajeto é realizado de carro com dois avaliadores sendo efetuada a filmagem, o levantamento fotográfico e a identificação das características físicas, a cada um quilômetro, que atuam na segurança rodoviária.

Pelas características físicas é realizada a medida de segurança que compõe o Índice de Segurança Potencial (ISP), na qual é estabelecida pela inspeção de 34 características físicas sendo divididas em nove macro categorias, e cada característica possui seu peso relativo que representa um grau de domínio para o método proposto.

Diante disso, são atribuídos quatro níveis de notas que estão associados às condições físicas da rodovia, contidos no Quadro 2.

Quadro 2 - Definição geral dos quatro níveis de notas associados às condições das características físicas inspecionadas na via

	Condições em campo da característica em análise	Nota
Nível 1	Não existe o "problema" descrito	10
Nível 2	Existe uma quantidade pequena do "problema" descrito	7
Nível 3	Existe uma quantidade moderada do "problema" descrito	3
Nível 4	Existe uma grande quantidade do "problema" descrito	1

Fonte: Nodari (2003).

É estimado o índice de segurança parcial de cada macrocategoria que foi determinado pela Equação 1, após a medida de inspeção.

$$\frac{ISPparcial}{seg} = \sum_{t=1}^{n}(Pi\ x\ Ni) \quad (1)$$

sendo:

ISPparcial/seg: índice de segurança parcial de cada uma das macrocategorias, em cada segmento pertencente ao trecho;

Pi: peso relativo de cada característica i;

Ni: nota de cada característica i.

Portanto, o peso relativo Pi é utilizado da Tabela 2 e o Ni, da nota adquirida pela inspeção em campo. Com os valores do ISPparcial/seg, calcula-se o índice de segurança potencial global do segmento, estabelecido pela Equação (2).

$$\frac{ISPglobal}{seg} = \sqrt[9]{ISPsup\ x\ ISPcur\ x\ ISPint\ x\ ISPsin\ x\ ISPlon\ x\ ISPtran\ x\ ISPvul\ x\ ISPlat\ x\ ISP\ el.g} \quad (2)$$

sendo:

ISPglobal/seg: índice de segurança potencial global de cada segmento pertencente ao trecho avaliado;

ISPsup: índice de segurança potencial parcial da macrocategoria "superfície do pavimento";

ISPcur: índice de segurança potencial parcial da macrocategoria "curvas";

ISPint: índice de segurança potencial parcial da macrocategoria "interseções";

ISPsin: índice de segurança potencial parcial da macrocategoria "sinalização vertical e horizontal";

ISPlon: índice de segurança potencial parcial da macrocategoria "elementos longitudinais";

ISPtran: índice de segurança potencial parcial da macrocategoria "elementos da seção transversal";

ISPvul: índice de segurança potencial parcial da macrocategoria "usuários vulneráveis";

ISPlat: índice de segurança potencial parcial da macrocategoria "laterais da via";

ISPel.g: índice de segurança potencial parcial da macrocategoria "elementos gerais".

Uma vez obtidos os resultados pelo *ISPglobal/segmento*, realizado pelo método de medidas de inspeções das propriedades físicas da rodovia, é considerada a segurança potencial de cada segmento de 1 km do percurso inspecionado. Os valores alcançados de cada segmento são considerados de forma única e objetiva, sendo avaliados através de uma planilha.

Deste modo, a Quadro 3 correlaciona o intervalo dos resultados adquiridos do ISPglobal/segmento a uma cor e a sua devida situação correspondente do segmento.

Quadro 3 - Planilha referente à situação do segmento, com as condições observadas na via, de acordo com a cor correspondente do valor do ISP do segmento

Valor do ISP	Situação correspondente do segmento	Cor correspondente
1 < ISP < 3	Potencialmente muito inseguro	Preto
3 < ISP < 5	Potencialmente inseguro	Vermelho
5 < ISP < 7	Potencialmente razoavelmente seguro	Laranja
7 < ISP < 9	Potencialmente seguro	Amarelo
9 < ISP < 10	Potencialmente muito seguro	Branco

Fonte: os autores (Adaptado de NODARI, 2003).

Desta forma, pelos resultados alcançados pelo referente aos 36 km de percurso desta rodovia, determina-se o , estabelecido pela Equação (3):

$$ISPglobal/trecho = \sqrt[N]{\Pi ISPglobal/seg} \qquad (3)$$

sendo:

N: número de segmentos pertencentes ao trecho avaliado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

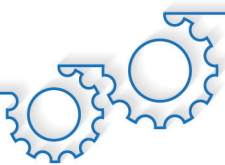
Os resultados obtidos para o Inspeção de Segurança Potencial (ISP) permitem a visualização da representação dos trechos inspecionados, assim podem ser verificados os valores de cada categoria.

ISP parcial

O *ISPparcial* é alcançado pelo somatório dos produtos entre a nota atribuída e o peso relativo de cada característica física da macrocategoria. Na Tabela 1 são apresentados os resultados adquiridos.

Tabela 1 - ISP parcial de cada segmento inspecionado

ISP parcial de cada segmento									
Segmento Km	Macrocategorias								
	Superf.	Curva	Inters.	Sinal H e V	Elem longit.	Seção transvers	Usuários vulnerav.	Laterais via	Geral
1	6,456	5,636	1	4,851	5,868	3,711	10	6,037	7,306
2	6,456	10	1	6,291	8,019	4,599	10	7,012	6,766
3	6,552	6,024	1	4,335	7	3,711	10	7,012	7,57
4	3,952	4,86	1	4,335	3	4,599	10	5,983	6,766
5	6,456	4,472	1	6,017	5,632	3,711	10	7,012	7,57
6	3,556	4,472	1	6,533	3	4,599	1	4,304	4,884
7	7,173	5,388	1	5,555	6,94	4,599	10	7,012	7,57
8	6,456	6,872	1	6,044	6,94	4,599	10	7,012	7,57
9	5,664	6,064	1	4,851	5,808	3,267	10	7,012	6,766
10	3,952	6,064	1	5,337	4,9482	4,599	10	7,676	7,57
11	5,664	6,024	1	5,826	5,5	3,711	10	7,012	7,57
12	6,456	6,152	1	4,824	8,125	4,599	10	7,012	7,57
13	6,456	8,488	1	6,291	6,993	4,599	10	7,012	7,57
14	7,74	10	1	6,291	8,125	4,599	10	7,012	6,766
15	6,456	10	1	6,995	9,151	4,599	10	7,012	6,766
16	6,456	9,352	1	6,995	6,993	4,599	10	4,611	7,57
17	6,456	5,636	1	4,824	8,026	4,599	10	7,012	7,57
18	5,268	9,352	1	5,802	6,757	4,599	10	4,611	5,158
19	6,456	9,352	1	8,525	6,993	4,599	10	4,611	7,333
20	5,889	6,8	4,924	6,569	6,757	4,599	1	5,275	9,223
21	4,744	6,024	1	5,34	5,868	2,079	10	7,012	7,57
22	6,456	8,488	1	7,55	8,125	2,079	10	5,983	6,766
23	6,456	10	1	6,187	8,019	2,745	10	7,012	6,766
24	6,456	4,988	1	4,267	7	2,745	10	6,701	6,961
25	6,456	5,376	10	6,572	8,974	2,745	10	7,012	6,766
26	7,05	10	1	8,525	8,125	2,745	10	8,971	6,766
27	6,456	6,024	1	6,288	4,132	2,079	10	4,611	8,11
28	6,456	9,352	1	6,291	4,5	2,079	10	7,012	7,57
29	6,456	9,352	1	7,523	8,125	2,745	10	5,983	7,57
30	6,456	10	3,886	8,036	6,427	2,745	1	5,275	8,419
31	5,889	4,952	1	5,567	8,026	4,599	10	3,058	5,889
32	6,456	9,352	1	8,525	8,125	3,711	10	5,983	6,766
33	6,456	9,352	1	8,525	6,993	4,599	10	5,983	6,766
34	5,097	4,824	1	5,567	5,868	3,267	10	5,983	6,766
35	7,74	9,352	1	8,525	8,125	3,711	10	7,012	6,157
36	8,334	5,6	1,968	7,547	5,797	3,711	1	9,004	5,989

Fonte: os autores.

De acordo com a Tabela 1 é possível identificar, segundo as macrocategorias, a situação correspondente a cada quilômetro da rodovia, sendo necessário muito cuidado na maioria dos segmentos.

Como é o caso da categoria superfície do pavimento, nos segmentos 4, 6,10 e 21 todos apresentam constantes imperfeições na via, principalmente a característica desnível entre faixa de tráfego e acostamento, pois a rodovia não possui acostamento. Entretanto, outras imperfeições são notáveis como buracos na superfície, formação de espelho d'água quando chove e resistência à derrapagem da superfície.

Na categoria curva, é possível perceber que do km 4 ao km 6 e no km 24, 31 e 34 todos influenciaram negativamente na inspeção, sendo que nesses trechos foi possível notar que as curvas comprometeram muito a interpretação do motorista, além da severidade dessas tortuosidades com a necessidade de redução de velocidade.

No caso das interseções, é a categoria que apresenta a menor média em relação as outras macrocategorias, e pode-se observar uma desconformidade em praticamente todo o percurso, em que é possível identificar um projeto deficiente por não possuir faixas adicionais e iluminação.

Nota-se que na categoria sinal vertical e horizontal, a rodovia apresenta um déficit de segurança relacionado a essas sinalizações em alguns segmentos da rodovia, assim como a falta de tachas refletivas, ausência de balizadores, além da inexistência das linhas demarcadoras em boa parte do percurso, como indica na Figura 2.

Figura 2 - Ausência de credibilidade conforme a categoria Sinal V e H (Segmento km 9)

Fonte: os autores.

A redução da média da macrocategoria elementos longitudinais nos segmentos 4, 6,10, 27 e 28 é capaz de ser explicada pela falta de oportunidades de ultrapassagem, incluindo as rampas (subidas) que reduzem a velocidade, principalmente de veículos pesados e da visibilidade comprometida que demanda maior atenção por parte dos motoristas.

É evidente que na análise da categoria seção transversal, a sequência de todo o percurso representa uma situação muita insatisfatória. Isso se dá pelo fato de que a rodovia Agenor Bortolon não apresenta uma pista de acostamento, em que possibilita uma transição de baixíssima credibilidade, consequentemente não permitindo retorno e nem parada, correspondendo assim, a uma avaliação baixa em todo o trecho, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Indicação de rodovia sem acostamento (Segmento km 1)

Fonte: os autores.

Analisando ainda a Figura 3, segundo a macrocategoria sinal vertical e horizontal, repara-se que a via não apresenta informações necessárias relacionadas às placas de regulamentação de velocidade.

Do mesmo jeito que no aspecto da categoria usuários vulneráveis, a condição de tráfego e travessias de ciclistas/pedestres se encontra muito precária, pois percebe-se que não existem segmentos de calçadas e ciclovias, o que torna essa categoria um projeto imperfeito.

Já a característica "acessos a propriedade e comércio lindeiro" foi responsável por diminuir a média da macrocategoria lateral da via. Isso ocorre pela falta de planejamento da rodovia, por não apresentar acostamento e sinalização adequada, o que gera insegurança do motorista ao realizar o trajeto pretendido.

Outra observação realizada é em relação à macrocategoria geral, em que a característica compatibilidade de velocidade regulamentar e projeto contém aspecto negativo em praticamente todo o trecho, visto que a rodovia não possui a sinalização adequada. Além disso, a invasão de animas foi avaliada de acordo com os parâmetros de verificação, atribuindo a nota em conformidade com o trecho que apresentasse a presença de animas, por constituir um risco aos condutores, como foi registrado no km 18 indicado pela Figura 4.

Figura 4 - Invasão de animais de porte grande (Segmento km 18)

Fonte: os autores.

ISP Global Segmento

Com base nos resultados obtidos pelo *ISPparcial*, determinou-se o *ISPglobal/seg* que resulta no Índice de Segurança Potencial de cada um dos segmentos que constituem o trecho inspecionado. A Tabela 2 apresenta os dados alcançados.

Tabela 2 - Índice de Segurança Potencial global de cada segmento avaliado

ISP global do segmento		ISP global do segmento	
Segmento km	Avaliação	Segmento km	Avaliação
1	4,92	19	5,62
2	5,77	20	5,00
3	5,10	21	4,63
4	4,26	22	5,21
5	4,99	23	5,43
6	3,14	24	4,75
7	5,35	25	6,68
8	5,49	26	5,85
9	4,85	27	4,51
10	4,92	28	4,98
11	5,05	29	5,49
12	5,38	30	4,88
13	5,65	31	4,68
14	5,89	32	5,69
15	5,92	33	5,73
16	5,51	34	4,67
17	5,32	35	5,85
18	5,04	36	4,53

Fonte: os autores.

De acordo com a Tabela 2, observa-se que os segmentos apontados representam um ISP parcialmente baixo, visto que a maior parte dos segmentos foram considerados como potencialmente seguro e a outra parte como potencialmente inseguro.

De acordo com a Figura 5, nota-se que o segmento do km 6 foi o trecho mais crítico em todo o percurso — no qual obteve um ISP igual a 3,14, em razão de um projeto deficiente na maior parte das características inspecionadas.

Figura 5 - Trecho que possui o menor ISP (Segmento km 6)

Fonte: os autores.

ISP Global Trecho

A partir do *ISPglobal/seg*, o *ISPglobal/trecho* teve seu valor estabelecido, de acordo com Equação (4):

$$ISPglobal/trecho=5,147 \qquad (4)$$

Sendo assim, considerando os aspectos inspecionados no trecho, por mais que a situação correspondente da rodovia tenha dado potencialmente seguro, o percurso em si ainda demonstra riscos abundantes aos usuários.

CONCLUSÃO

O presente artigo apresenta um método de inspeção da segurança potencial de rodovias pavimentadas de pista simples. Com essa medida buscou-se avaliar uma série de 34 características físicas dívidas em nove macrocategorias da rodovia Agenor Bortolon (PR-477).

Pode-se concluir que ao avaliar os resultados dessas características físicas da rodovia foi capaz de compreender a amplitude do método inspecionado proposto. Conforme as notas foram atribuídas em diversas situações das características, estimou-se pelo método o Índice de Segurança Potencial parcial de cada um dos segmentos e do trajeto total. Dessa maneira, ao classificar de forma eficiente diversos critérios, obteve-se um resultado de ISP global para a rodovia avaliado em 5,174, que representa uma situação potencialmente segura, evidenciando resultados satisfatórios porque apresenta realmente o que a rodovia simboliza.

Apesar das circunstâncias e da avaliação feita pelo método, na rodovia ainda tem riscos abundantes aos usuários, como avaliado no km 6, cujo trecho é insatisfatório com diversas irregularidades, que infelizmente recebeu o menor ISP com o valor de 3,14, no qual corresponde a uma situação potencialmente muito insegura aos usuários que trafegam por aquela rodovia.

Além disso, a condução do método conseguiu apontar e quantificar fatores inseguros nas rodovias em estudo, onde se mostrou adequado e eficaz. À vista disso, soluções permanentes e a atuação de revisões de segurança por especialistas ainda continuam sendo necessárias para que novos patamares de proteção sejam alcançados.

REFERÊNCIAS

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2010.

DIÓGENES, M. C. **Indicadores de desempenho no gerenciamento da segurança viária.** 2004. 134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

EUROPEAN TRANSPORT SAFETY COUNCIL. **Transport safety performance indicators.** Brussels, 2001.

NODARI, C. T. **Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples.** 2003. 221f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

OGDEN, K. W. **Safer roads: a guide to road safety engineering.** Cambridge: University Press, 1996.

SOUTH DAKOTA DEPARTAMENTO OF TRANSPORTATION. **Road Desing Manual**. 2007.

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM LOTEAMENTO NA CIDADE DE MARINGÁ-PR

ANALYSIS OF ECONOMIC VIABILITY OF THE DEPLOYMENT OF AN ALLOTMENT IN THE CITY OF MARINGÁ-PR

Gabriel Guedes **Esperandio**
Lourival Domingos **Zamuner**

RESUMO

O potencial de se investir na implantação de um loteamento passa diretamente pela determinação do alcance do retorno esperado pelo empreendedor. O risco alto de o investimento não trazer um retorno ou este ser abaixo do que o esperado torna necessário o estudo de viabilidade econômica preliminar, possibilitando projetar a existência ou não do retorno. O presente artigo teve por objetivo avaliar a viabilidade econômica da implantação de um loteamento na cidade de Maringá/PR. A metodologia aplicada para desenvolver essa análise foi o método involutivo, previsto na ABNT NBR 14653-1:2019, a qual descreve os procedimentos gerais para a avaliação de bens. Assim, desenvolveu-se um projeto arquitetônico hipotético de um loteamento em acordo com a norma de parcelamento do solo 889/2011 deste município, e sobre este projeto determinou-se os custos, a taxa de retorno esperado e os cenários (otimista, moderado e pessimista) quanto ao fluxo de caixa do investimento, permitindo julgar a viabilidade econômica do loteamento. Com isso, pode-se concluir que a aplicação da análise econômica prévia, analisando os custos necessários e o retorno projetado por meio da análise do fluxo de caixa, determinou a viabilidade do loteamento proposto, com os resultados financeiros sendo muito positivos para o retorno do investimento pelo empreendedor.

Palavras-chave: Implantação de loteamento. Método involutivo. Viabilidade econômica.

ABSTRACT

The potential to invest in the implementation of a plot of land goes directly through the determination of the range of return expected by the entrepreneur. The high risk of the investment not bringing a return or being below what is expected makes necessary the preliminary economic feasibility study, allowing to project the existence or not of the return. The objective of this article was to evaluate the economic viability of the implementation of a plot of land in the city of Maringá/PR. The methodology applied to develop this analysis was the involutive method, foreseen in ABNT NBR 14653-1:2019, which describes the general procedures for the evaluation of assets. Thus, it was developed a hypothetical architectural project of a plot of land in accordance with the rule of land division 889/2011 of this municipality, and on this project was determined the costs, the expected rate of return and the scenarios (optimistic, moderate and pessimistic) as to the cash flow of the investment, allowing to judge the economic viability of the plot of land. With this, one can conclude that the application of the previous economic analysis, analyzing the necessary costs and the projected return through the cash flow analysis, determined the viability of the proposed allotment, with the financial results being very positive for the return of the investment by the entrepreneur.

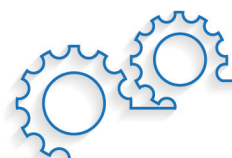
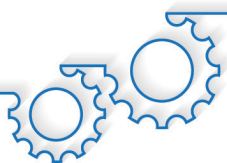
Keywords: Economic feasibility. Implantation of allotment. Involutive method.

INTRODUÇÃO

A viabilidade de um loteamento passa diretamente pelo potencial que a gleba urbanizável tem a oferecer, suas características intrínsecas estabelecem se é viável em termos econômicos, infraestruturais e estratégicos quanto a viabilidade de sua implantação. Desta maneira, de acordo com a NBR 14653-2:2011 uma gleba urbanizável é o terreno apto a receber obras de infraestrutura urbana, visando o seu aproveitamento eficiente, por meio de desmembramento, loteamento ou ainda por meio de implementação de empreendimento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011).

O elevado crescimento populacional e a ampla expansão urbana em cidades de médio porte como Maringá, em que a projeção de crescimento do ano de 2020 foi uma das maiores do Paraná, de quase 1,6%, contando a cidade com 423.666 habitantes, e em 2017, eram 417.010 moradores, com crescimento vegetativo em torno de 2% ao ano, conforme Resolução nº 3 de 26 de agosto de 2019 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), torna então necessária à crescente demanda de implantação de loteamentos para edificações tanto residencial como comercial. Dessa forma, a diferença entre uma gleba com ou sem potencial de urbanização passa pela compreensão do quanto é de interesse do município e dos habitantes de que a cidade se edifique naquela região (AWAD; IGNATIOS, 2015).

Observado o interesse do município e de seus habitantes para que a cidade se edifique em uma determinada região, surge a especulação imobiliária visando novos loteamentos. De acordo com a Lei Complementar 889/2011 do município de Maringá, o loteamento é a subdivisão de gleba urbana em lotes designados a edificação, com modificação ou prolongamento de vias existentes ou ainda a abertura de novas vias (MARINGÁ, 2011b).

Portanto, a viabilidade econômica da implantação de um loteamento passa diretamente pela elaboração de todos os custos diretos e indiretos para o desenvolvimento do empreendimento hipotético proposto. Segundo Awad e Ignatios (2015), o custo da implantação pode ser calculado por meio de estimativas, orçamentos preliminares e orçamentos analíticos.

No entanto, ao tratar de um projeto hipotético, fica limitada a elaboração de orçamentos detalhados baseados nos Memoriais Descritivos devido à ausência dos projetos executivos e dos complementares tendo em vista o alto custo envolvido no desenvolvimento destes projetos que, se constatado a inviabilidade econômica, serão inutilizados. Desta forma, a utilização de custos padronizados de urbanização para a verificação da existência de viabilidade econômica torna-se o caminho viável e necessário à definição da viabilidade econômica do empreendimento (AWAD; IGNATIOS, 2015).

Portanto, devem ser definidos para atestar a viabilidade econômica além dos custos de implementação do loteamento, a definição dos valores de venda dos lotes e o valor captado com as vendas dos mesmos.

A definição do valor de mercado dos lotes originados do loteamento deve seguir os padrões e valores praticados pelo mercado ao qual está inserido o empreendimento proposto. Logo, o valor de mercado é definido como sendo o valor real praticável que se comercializaria arbitrariamente e racionalmente um bem, em uma determinada data de referência e condições de mercado existente (MORI; ZACHARIAS; SOUZA, 2008).

Entretanto, definir o valor de mercado de um lote ou uma fração de terras, passa diretamente pela definição das características que o valorizam e agregam valor. No entendimento de Moreira, Silva, Fernandes (2010), determinar o valor de mercado dos lotes leva em consideração as características intrínsecas do imóvel avaliado, as condições de mercado e o interesse mútuo entre as partes envolvidas na negociação.

Dessa forma, uma avaliação imobiliária deve ser fundamentada e o valor definido ao bem precisa estar enquadrado no grau de precisão e fundamentação conforme a NBR 14653-2:2011 (THOFEHRN, 2010).

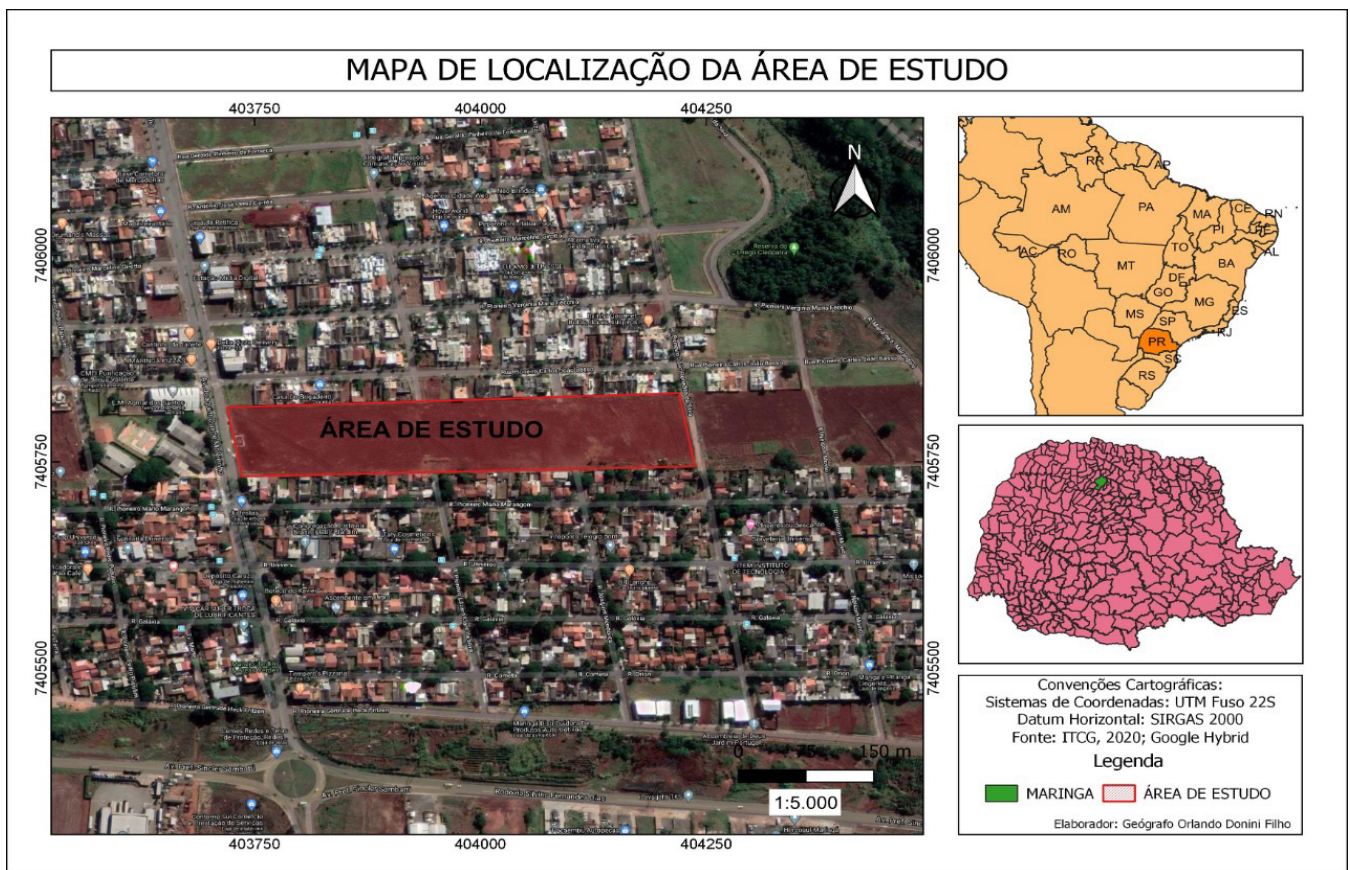
Portanto, se torna adequada a aplicação do método involutivo descrito pela NBR 14653-1:2019 como sendo a definição do valor de mercado do bem, fundamentado no seu uso eficiente, por meio da análise de viabilidade econômica de um empreendimento hipotético que possua características semelhantes ao possível futuro empreendimento e as condições do mercado no qual está inserido, considerando-se cenários viáveis para execução e comercialização do produto.

A prospecção, que é conjunto de técnicas relativas à pesquisa, localização precisa e estudo preliminar de uma gleba com vocação para loteamento é tarefa complexa. A viabilidade do loteamento depende da existência ou a possibilidade de desenvolvimento de demanda em razão de características migratórias da população urbana local e vizinha (MELLO; COSTA, 2017).

Desta maneira, o presente artigo tem por objetivo analisar a viabilidade econômica da implantação de um loteamento por meio da elaboração de projeto de implantação hipotético, da realização de avaliação imobiliária para definir o valor de venda ou comercialização dos lotes de terras, elaboração de orçamento dos custos de implantação do loteamento e a determinação da taxa de retorno, cabe ressaltar que esta última é uma medida financeira de desempenho que demonstra o quanto um investidor ou uma empresa ganhou ou perdeu com um investimento, e avaliando-se a implantação deste loteamento, se é financeiramente compensatória.

MATERIAL E MÉTODOS

O lote que é objeto de estudo da viabilidade econômica de implantação do loteamento hipotético proposto, possui área de 47.825,83 m² e está situado no Jardim Gambini II, Zona 20, nesta cidade de Maringá/PR. A região deste lote é caracterizada como uma zona residencial, dotada de infraestrutura urbana adequada e de fácil acesso ao centro da cidade por largas ruas e avenidas. Está localizado na parte frontal da Escola Municipal Agmar dos Santos e com acesso pela Avenida Joaquim Duarte Moleirinho, considerada importante via de ligação da zona sul ao centro da cidade. A Figura 1 apresenta o mapa de localização georreferenciada da área de estudo deste artigo.

Figura 1 - Localização da área de estudo

Fonte: Topógrafo Orlando Donini Filho (2020).

Projeto hipotético para o loteamento proposto

Para o projeto de implantação do loteamento foi utilizado o Mapa da cidade de Maringá em arquivo georreferenciado para AutoCAD versão utilizada remonta a 12 de maio de 2020, obtida junto à Prefeitura do Município de Maringá por meio da Secretaria de Planejamento e Urbanismo – SEPLAN.

A elaboração do projeto arquitetônico de implantação do loteamento hipotético foi realizada utilizando-se o software AutoCAD. A subdivisão da gleba urbana em lotes comerciáveis ocorreu de acordo com as Leis do Município de Maringá, a saber:

- Lei 888/2011 – Uso e Ocupação do Solo: determina o zoneamento e o uso permitido do solo para cada região/bairro da cidade (MARINGÁ, 2011a);
- Lei 889/2011 – Parcelamento do Solo: regula o parcelamento do solo no Município, obedecidas as demais normas federais e estaduais relativas à matéria, estabelecendo diretrizes mínimas quanto a dimensão de lotes, passeio, áreas de uso público e afins (MARINGÁ, 2011b).

Estimativa de valor de venda dos lotes

A metodologia adotada para a estimativa do valor dos lotes foi o Método Comparativo Direto de Dados de Mercado, previsto na NBR 14653-2:2011. Esta estimativa prevista nesta normativa fornece os procedimentos para a avaliação de imóveis urbanos e de glebas urbanizáveis. O valor de mercado foi determinado por meio de comparação de lotes ofertados e encontrados em pesquisa às imobiliárias da cidade de Maringá através da plataforma online Sub100, que concentra ofertas de imóveis e terrenos de imobiliárias de Maringá. As características e atributos que causam influência na formação do valor encontrado foram tratadas através da metodologia científica, mais precisamente pela Inferência Estatística por meio de regressão linear múltipla conforme apresentado na Figura 2.

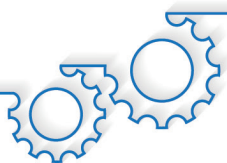



Figura 2 - Descrição das variáveis utilizadas no modelo estatístico

Descrição	Gráfico
X_1 Área: Variável independente quantitativa, expressa em metros quadrados, referente à área total do lote, decrescente com o valor unitário, ou seja, quanto maior a área, menor o valor unitário do lote. Tipo: Quantitativa. Amplitude: 169,86 a 514,00. Impacto esperado na dependente: Negativo.	Valor Unitário = f(Área)
X_2 Índice Fiscal: Variável independente proxy, crescente com o valor unitário, que indica o valor correspondente à Planta de Valores Genéricos do Município, para fins de tributação do ITBI, definida pela Lei Complementar 1140/2018 (MARINGÁ, 2018), expressa em R\$/m² e que guarda uma relação de pertinência com a valorização do terreno em função da sua localização. Tipo: Quantitativa. Amplitude: 470,38 a 574,91. Impacto esperado na dependente: Positivo.	Valor Unitário = f(Índice Fiscal)
X_3 Zoneamento: Variável independente dicotômica isolada, crescente com o valor unitário, que indica qual o tipo de zoneamento do lote, conforme a Lei 888/2011 e suas alterações que regula o uso e ocupação do solo no Município de Maringá, como definida abaixo: 0 - Zona residencial 2; 1 - Zona residencial 1. Tipo: Dicotômica Isolada	Valor Unitário = f(Zoneamento)
Valor Unitário: Variável dependente, indica a relação entre o valor total e a área do imóvel, expressa em R\$/m². Tipo: Dependente. Amplitude: 607,76 a 794,77.	

Fonte: os autores.

As variáveis previamente definidas através da Inferência Estatística conforme a Figura 2, foram inseridas no software TS-SISREG, ferramenta de avaliação imobiliária para promover a adequada homogeneização dos dados coletados. Assim, foi desenvolvido um modelo estatístico para avaliação dos lotes, comparando-se os elementos pesquisados e levando-se em conta variáveis que estabeleceram relação de valores com o tratamento auxiliado pelo software de avaliação imobiliária.

Desta forma, com o auxílio do TS-SISREG através do sistema de regressão linear, calculou-se e definiu-se a equação que melhor representou o valor unitários dos lotes. Sendo, o valor de mercado extraído de um intervalo de valores prováveis, cuja amplitude, por sua vez, é diretamente decorrente da dispersão dos elementos amostrais e da probabilidade estatística que representou a confiança de que o valor real de mercado está contido no intervalo estipulado (SANTOS, 2014).

Custos para implantação do loteamento

Para a determinação do valor das despesas de urbanização foi utilizada a tabela de custos extraída da Revista Construção Mercado, ano 2017, da Editora PINI (REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO, 2017). Nesta tabela constam os custos para urbanização considerando serviços de topografia, terraplenagem (leve, média e pesada), rede de água potável, rede de esgoto, drenagem de águas pluviais, pavimentação e rede de iluminação pública, e sobre este valor foi realizada a correção monetária até maio de 2020 por meio do Índice Nacional de Custo da Construção - INCC da Revista Conjuntura Econômica de Maio de 2020 (REVISTA CONJUNTURA ECONÔMICA, 2020).

Acrescentou-se ao custo total da implantação custos com: projetos, publicidade e bonificações de vendas, imposto territorial, imposto de renda e lucro do empreendedor.

Determinação quanto a viabilidade

A determinação quanto à viabilidade econômica da implantação do loteamento ocorreu pela elaboração do fluxo de caixa do empreendimento. Neste, os custos e o lucro foram determinados para três cenários econômicos diferentes: otimista, moderado e pessimista, definidos pela quantidade de lotes vendidos por mês do empreendimento. Desta maneira, com este fluxo de caixa de cada um dos três cenários, avaliou-se o lucro real do empreendimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas seções a seguir, apresentar-se-á os resultados obtidos na pesquisa em questão.

Projeto hipotético do loteamento proposto

A Figura 3 mostra a localização do loteamento hipotético, situado no Jardim Gambini II, Zona 20, nesta cidade de Maringá/PR que apresenta as coordenadas UTM da localização do lote pelo SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas em sua realização no ano de 2000), obtidas utilizando-se o software QGIS.

Figura 3 - Localização do lote passível de receber a implantação do loteamento com indicação das coordenadas dos vértices do lote

Editor de vértice

	x	y
0	403721,1872	7405816,2978
1	404217,9101	7405831,2839
2	404236,0555	7405738,1496
3	403739,9980	7405729,5649
4	403721,1872	7405816,2978

Fonte: os autores.

Para a realização do loteamento hipotético seguiu-se o uso permitido do solo determinado pela Lei Complementar 888/2011, que define que o lote está localizado em:

- Zona Residencial 2 (ZR2): uso residencial unifamiliar e bifamiliar;
- Eixo de Comércio e Serviços B (ECSB): comércio e serviços centrais e vicinais;
- Eixo Residencial B (ERB): uso residencial unifamiliar, bifamiliar ou uso multifamiliar perante outorga onerosa.

A LC 888/2011 define ainda parâmetros quanto as dimensões mínimas dos lotes, altura máxima da edificação, coeficiente de aproveitamento e taxa máxima de ocupação do solo que podem ser verificadas na Tabela 1.

A Lei Complementar 889/2011 define que, para novos loteamentos no município devem ser destinados a uso público a taxa de 10% da área bruta do loteamento, sendo estes divididos em: 4,0% para os equipamentos comunitários e urbanos; 3,0% para as áreas de interesse público e 3,0% para os espaços livres de uso público (MARINGÁ, 2011b).

Desta forma, conhecido os parâmetros mínimos quanto a dimensão dos lotes e área a ser destinada para uso público, executou-se o projeto de implantação do loteamento apresentado na Figura 4.

Tabela 1 - Parâmetros de uso e ocupação do solo

Zona/ eixo	Dimensão mínima de lotes meio de quadra/ esquina testada (M) / área (M²)	Altura máx. de edific.	Coefic. máx. de aprov. (UN.)	Taxa máx. de ocupação do lote (%)	Afastamento mínimo das divisas (M)							
					Frontal r=resid c=comer	Laterais					Fundo	
						< 02 pav sem abert com abert	< 08 pav	< 15 pav	< 20 pav	> 20 pav	< 02 pav sem abert com abert	>02 pav
ZR2	12 / 300 15 / 360	térr. + 1	1,4	térr. e 2º pav. 70	sem=disp com=1,5.	sem=disp com=1,5.	-	-	-	-	sem=-disp com=1,5.	-
ERB	variável, c/ out. cota 650	variável, c/ out. cota 650	var. c/ out. 3,5	térr. e demais 50	sem=disp com=1,5.	sem=disp com=1,5.	2,5	4,5	6	7	sem=-disp com=1,5.	5
ECSB	RZP	RZP	RZP	térr. e 2º pav. 90	RZP	RZP	RZP	RZP	RZP	RZP	RZP	RZP

Nota: RZP – requisito da zona a que pertence.
Fonte: Maringá (Lei Complementar 888/2011, p. 39).

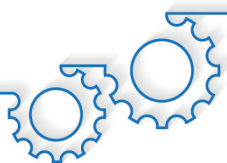
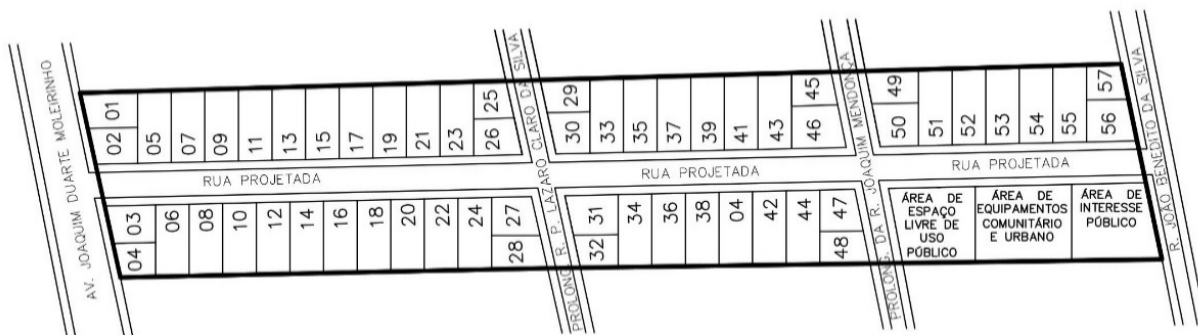



Figura 4 - Projeto de implantação do loteamento

Fonte: os autores.

De acordo com a Figura 4, o lote originário com 47.825,83 m² resultou no loteamento hipotético com 57 lotes destinados a comercialização, respeitando-se o mínimo de 300 m² de área no meio das quadras e de 360 m² em esquinas das quadras, sendo que 10% da área bruta foi destinada ao interesse público.

Neste loteamento foi projetado uma rua denominada "Projetada", com 12 metros de largura e 4 metros de passeio em cada lado da via, respeitando-se a Lei Complementar 889/2011 que estabelece que, ruas destinadas ao comércio em Maringá devem possuir, no mínimo, 20,00 metros de largura, com pista de rolamento de, no mínimo, 12,00 metros de largura e passeios em ambas as laterais com 4,00 metros de largura, cada. Projetou-se ainda, o prolongamento de duas vias já existentes e com diretrizes viárias de prolongamento sobre o lote originário já definidas pelo Plano Diretor do município, sendo elas a rua Pioneiro Lázaro Claro da Silva e a rua Joaquim Mendonça, ambas com 8 metros de pista de rolamento e 4 metros de passeio em ambos os lados (MARINGÁ, 2011b).

A Tabela 2 apresenta as áreas dos lotes e das áreas de interesse público.

Tabela 2 - Áreas dos lotes e as de interesse público

Lote	Área (m²)	Lote	Área (m²)	Lote	Área (m²)	Lote	Área (m²)
1	434,10	16	550,67	31	444,20	46	489,90
2	376,34	17	560,43	32	305,84	47	370,48
3	399,70	18	550,85	33	572,19	48	349,22
4	303,09	19	562,70	34	557,36	49	376,48
5	552,04	20	551,04	35	572,19	50	414,94
6	549,70	21	564,19	36	559,47	51	584,39
7	553,71	22	551,23	37	573,58	52	585,78
8	549,92	23	565,68	38	561,19	53	587,17
9	554,87	24	551,42	39	574,97	54	588,58
10	550,11	25	309,00	40	563,30	55	589,80
11	556,24	26	375,02	41	576,36	56	441,36
12	550,29	27	388,40	42	564,79	57	306,71
13	558,60	28	396,41	43	577,75	Equipamentos comunitários e urbanos	1.913,04
14	550,47	29	347,00	44	566,76	Áreas de interesse público	1.434,81
15	559,72	30	361,54	45	323,02	Espaços livres de uso público	1.434,78

Fonte: os autores.

O resultado final da área comercializável total dos lotes, após o projeto de implantação do loteamento, totalizou 28.362,30 m².

Estimativa de valor de venda dos lotes

A estimativa de valor dos lotes do loteamento levou em conta o atendimento às normas técnicas da ABNT NBR 14.653 – Avaliação de Bens, em especial a NBR 14.653-2: Avaliações de Imóveis Urbanos (ABNT, 2011). A pesquisa de mercado foi direcionada para a obtenção de valores de lotes urbanos com características semelhantes àqueles situados na Zona 20, zona do loteamento hipotético e nas Zonas 40 e 44, vizinhas e semelhantes a região do loteamento projetado.

As ofertas de mercado utilizadas no modelo estatístico obtidas através do site Sub100 e as variáveis previamente definidas estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3 - Ofertas de mercado utilizadas no modelo estatístico para definição do valor de venda dos lotes e as variáveis utilizadas

Endereço	Área	Índice Fiscal (R$/m²)	Zonea--mento	Valor Total (R$)	Valor Unitário ((Valor/m²) - 10%)
R. Rosacruz - Z20 - Jardim Higienópolis - Dubai Imóveis - Fone:3354-6400	463,20	522,65	0,00	348.000,00	676,17
R. Rosacruz - Z20 - Jardim Higienópolis - Granado Imóveis - Fone:4009-1999	463,00	522,65	0,00	350.000,00	680,35
R. Vitório Del Angelo - Z20 - Pedro Granado Imóveis - Fone:3222-8866	339,73	522,65	0,00	235.000,00	622,55
R. Pioneiro Jurandino Rossi - Z20 - Massaru Imóveis - Fone:3026-4441	395,20	522,65	1,00	320.000,00	728,74
R. Divino Bortolotto - Z20 – Arqimóveis - Fone:3024-2434	169,86	522,65	0,00	150.000,00	794,77
R. Affonso Hernandes Bittencourt - Z20 - Imobiliária Sandri - Fone:3224-5632	302,25	522,65	1,00	250.000,00	744,42
R. Pioneiro João Lima - Z20 - Imobiliária Silvio Iwata - Fone:4009-8981	302,32	470,38	1,00	252.000,00	750,20
R. Maestro Fumimasa Otani - Z20 - Sândalo Imóveis Fone:4009-1331	461,70	574,91	1,00	390.000,00	760,23
R. Pioneiro Jurandino Rossi - Z20 – Opção Imóveis - Fone:3033-1300	348,28	522,65	1,00	305.000,00	788,16
R. Pioneiro Amador Rodrigues Truite - Z20 - Oziel Imóveis - Fone:9179-9191	514,00	574,91	0,00	450.000,00	787,94
R. Pioneiro Francisco Alcalde - Z20 - Pedro Granado Imóveis - Fone:3222-8866	480,46	522,65	0,00	360.000,00	674,35
R. Valença - Z20 - Jardim Laodicéia - Cardoso Imóveis - Fone:3031-6443	348,00	470,38	1,00	235.000,00	607,76
R. Rosacruz - Z20 - Jardim Higienópolis - Granado Imóveis - Fone:4009-1999	463,20	522,65	0,00	348.000,00	676,17

Fonte: os autores.

Conforme apresentado na Tabela 3, considerou-se desconto de 10% sobre o valor unitário de venda dos lotes, pois na impossibilidade de utilizar dados de venda transacionadas, empregou-se o fator de fonte de 90% (0,90), recomendado por Ferrari Neto *et al.* (2014).

Assim, como resultado da inferência estatística para determinação do valor dos lotes, o software TS-Sisreg gerou a equação que define o valor unitário dos lotes hipotéticos, apresentado na Equação 1.

$$V.U = -9{,}6725134 + (-0{,}32874413 * \text{Área} + 1{,}5975031 * \text{Índice Fiscal} + 36{,}800033 * \text{Zoneamento}) \quad (1)$$

sendo:
V.U. = Valor unitário, em reais/m²

Portanto, com a somatória das áreas a serem comercializadas aplicou-se uma média ponderada em relação aos 57 lotes do loteamento, ao qual resultou em 497,58 m² como área média padrão dos lotes. Ressalta-se que o índice fiscal padrão para loteamento foi de R$ 522,65/m² conforme Lei Complementar Municipal 1140/2018 (MARINGÁ, 2018). Assim, através da Equação 1 obteve-se o valor unitário de 661,69 R$/m² para os lotes hipotéticos do loteamento projetado.

Aplicando o valor unitário resultante sobre a área total comercializável de 28.362,30 m², obteve-se o valor total a ser captado com as vendas, em um montante de R$ 18.767.050,29.

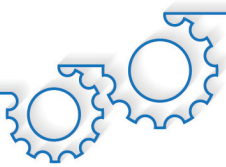
Custos para implantação do loteamento

A revista Construção Mercado, edição julho de 2017, apresentou os custos de urbanização para implantação de um loteamento, definindo o custo para cada mil metros quadrados de implantação (REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO, 2017). Sobre este valor do custo de urbanização realizou-se a correção monetária utilizando o Índice Nacional de Custo da Construção - INCC-DI da Revista Conjuntura Econômica (2020), conforme apresentado na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 - Custo de urbanização para implantação do loteamento para cada 1.000 m² de loteamento

Custos de Urbanização (R$ por 1000 m² de área)	
Serviços de Topografia	1.757,84
Terraplenagem	3.177,63
Rede de Água Potável	7.392,06
Rede de Esgoto	15.752,63
Drenagem de Águas Pluviais (Galerias)	6.413,23
Drenagem de Águas Pluviais (Guias/Sarjetas)	5.117,49
Pavimentação	13.918,91
Rede de Iluminação Pública	2.441,22
Total	55.971,01
Correção do Valor p/ maio de 2020 (INCC-DI)	1,108678
Total (corrigido)	**R$ 62.053,81**

Fonte: Revista Construção Mercado (2017); Revista Conjuntura Econômica (2020), adaptado.

Aplicou-se então o custo de urbanização para cada mil metros quadrados de área de implantação do loteamento proposto, e sobre este aplicou-se os Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), utilizando-se a Equação 2, demonstrada por Vasco (2018).

$$BDI = (1 + (AC + MI + S + G)) * (1 + CF) * (1 + MBC) - 1 * (1 - (TM + TE + TF)) \quad (2)$$

sendo:

- AC - Administração Central;
- CF - Custo Financeiro;
- G – Garantias;
- MBC - Margem Bruta de Contribuição;
- MI - Margem de Incerteza;
- S – Seguros;
- TE - Tributos Estaduais;
- TF - Tributos Federais;
- TM - Tributos Municipais.

Portanto, na Tabela 5, a seguir, tem-se a apresentação dos custos de urbanização do loteamento hipotético proposto e o acréscimo dos custos com BDI sobre o custo de urbanização em acordo com a equação 3.

Tabela 5 - Custo de urbanização total para implantação do loteamento

Despesas de urbanização – em Reais	
Área	47.825,83
Custo de urbanização para cada 1000 m² de loteamento	62.053,81
Total	**2.967.774,88**
Cálculo do BDI	
Administração Central	5%
Custo Financeiro	1,40%
Seguro	0,60%
Garantias	0,20%
Margem de Incerteza	1,50%
Tributos Municipais	3,00%
Tributos Estaduais	3,00%
Tributos Federais (PIS e COFINS)	4,00%
Margem de Contribuição	8%
BDI Total	27,51%
Total despesas de urbanização + BDI:	**3.784.209,75**

Fonte: os autores.

Sobre os custos brutos de urbanização com o acréscimo do BDI foram ainda acrescidos os custos com: projetos e taxas, publicidade e vendas e o lucro do empreendedor.

Para determinação dos custos com projetos e taxas, arbitrou-se um valor de 10% sobre o total de despesas de urbanização mais BDI. Esse valor foi fundamentado com base nos honorários para Projetos e Obras do Sindicato dos Arquitetos e Urbanistas do Paraná (2020).

Já para os custos com publicidades e bonificações de vendas adotou-se um percentual de 8% sobre a receita bruta do empreendimento. Neste valor estão inclusos todos os custos com publicidades relacionadas com a divulgação do loteamento e as despesas ligadas com os pagamentos dos corretores sobre as vendas dos lotes, taxa essa usualmente aplicada no mercado imobiliário.

Para definição da taxa de lucro do empreendedor adotou-se 10% sobre os custos de urbanização como a margem mínima necessária para viabilizar o investimento, pois o retorno financeiro tem que ser maior do que o lucro ao se aplicar o dinheiro em uma poupança bancária conforme Tisaka (2006).

A Tabela 6 apresenta os custos para implantação do loteamento após aplicação dos custos com projetos, publicidade e bonificações de vendas e o lucro mínimo do empreendedor.

Tabela 6 - Custos de projeto, publicidade e vendas e lucro mínimo do empreendedor

Custos com Projetos e Taxas – em Reais	
Projetos, honorários e taxas	10,00%
Custo de urbanização bruto	3.784.209,75
Subtotal	378.420,97
Publicidade e Vendas	
Custo de publicidade e vendas	8,00%
Receita bruta do empreendimento	18.767.050,29
Subtotal	1.501.364,02
Empreendedor – Lucro Mínimo	
Lucro mínimo do empreendedor	10,00%
Custo de urbanização bruto	3.784.209,75
Subtotal	378.420,97
Total	2.258.205,96
Custo de urbanização bruto + custos com projetos, publicidade e vendas e lucro mínimo do empreendedor	**R$ 6.042.415,71**

Fonte: os autores.

Avaliação quanto à viabilidade

Para determinar a existência de viabilidade do loteamento, definido o custo total de urbanização em R$ 6.042.415,71, elaborou-se o fluxo de caixa do loteamento em três cenários, sendo eles: otimista, moderado e pessimista. Para a determinação destes cenários, adotou-se liquidez de mercado em: 9 lotes ao mês para o otimista; 7 lotes ao mês para o moderado e 4 lotes ao mês para o pessimista.

No fluxo de caixa foram incluídos os custos de imposto de renda retido na fonte - IRRF e imposto territorial. Para o imposto de renda, segundo o Portal Tributário (2020), para Lucro Presumido de até 48 milhões de reais anuais, a alíquota para este imposto é de 15% sobre o lucro líquido, e deve ser aplicado mais um percentual adicional de 10%, pois a parcela do lucro presumido excede ao valor resultante da multiplicação de R$ 20.000,00 pelo número de meses do respectivo período de apuração. Portanto, o valor do imposto de renda final ficou em 25% sobre a receita líquida.

Para o imposto territorial a Lei Complementar de Maringá 1106/2017 de 20 de dezembro de 2017 define taxa de 3% ao ano sobre o valor venal do imóvel, podendo esse valor ser parcelado em 12 meses. Resultando, assim, em 0,25% ao mês de imposto territorial, no valor de R$ 46.917,62 (MARINGÁ, 2017).

Os três cenários de fluxo de caixa estão descritos nas Tabelas 7, 8 e 9.

Tabela 7 - Cenário otimista de fluxo de caixa

Mês	Projetos (R$)	Custo total do loteamento (R$)	Receita (R$)	Receita Liquida (R$)	Imposto de renda + imposto territorial (R$)	Fluxo de caixa Final (R$)
1	-378.420,97		0,00	-378.420,97	-46.917,62	-425.338,59
2		-1.007.069,28	3.127.841,71	2.120.772,42	-577.110,72	1.543.661,70
3		-1.007.069,28	3.127.841,71	2.120.772,42	-577.110,72	1.543.661,70
4		-1.007.069,28	3.127.841,71	2.120.772,42	-577.110,72	1.543.661,70
5		-1.007.069,28	3.127.841,71	2.120.772,42	-577.110,72	1.543.661,70
6		-1.007.069,28	3.127.841,71	2.120.772,42	-577.110,72	1.543.661,70
7		-1.007.069,28	3.127.841,71	2.120.772,42	-577.110,72	1.543.661,70
VALOR TOTAL DO FLUXO DE CAIXA						**8.836.631,61**

Fonte: os autores.

Tabela 8 - Cenário moderado de fluxo de caixa

Mês	Projetos (R$)	Custo total do loteamento (R$)	Receita (R$)	Receita Liquida (R$)	Imposto de renda + imposto territorial (R$)	Fluxo de caixa Final (R$)
1	-378.420,97		0,00	-378.420,97	-46.917,62	-425.338,59
2		-755.301,96	2.345.881,29	1.590.579,33	-444.562,45	1.146.016,88
3		-755.301,96	2.345.881,29	1.590.579,33	-444.562,45	1.146.016,88
4		-755.301,96	2.345.881,29	1.590.579,33	-444.562,45	1.146.016,88
5		-755.301,96	2.345.881,29	1.590.579,33	-444.562,45	1.146.016,88
6		-755.301,96	2.345.881,29	1.590.579,33	-444.562,45	1.146.016,88
7		-755.301,96	2.345.881,29	1.590.579,33	-444.562,45	1.146.016,88
8		-755.301,96	2.345.881,29	1.590.579,33	-444.562,45	1.146.016,88
9		-755.301,96	2.345.881,29	1.590.579,33	-444.562,45	1.146.016,88
VALOR TOTAL DO FLUXO DE CAIXA						**8.743.796,45**

Fonte: os autores.

Com o fluxo de caixa determinado para os três cenários observa-se que, a receita líquida do loteamento tem resultado positivo superior a 8 milhões de reais em cada um dos cenários, evidenciando assim a viabilidade econômica da implantação do loteamento se a aquisição do lote for no valor igual ou inferior ao resultante do fluxo de caixa do empreendimento. Sendo este valor na casa de 8 milhões o valor justo a se pagar pelo lote baseado no seu uso eficiente conforme o método involutivo.

Tabela 9 - Cenário pessimista de fluxo de caixa

Mês	Projetos (R$)	Custo total do loteamento (R$)	Receita (R$)	Receita Liquida (R$)	Imposto de renda + imposto territorial (R$)	Fluxo de caixa Final (R$)
1	-378.420,97		0,00	-378.420,97	-46.917,62	-425.338,59
2		-431.601,12	1.340.503,59	908.902,47	-274.143,24	634.759,23
3		-431.601,12	1.340.503,59	908.902,47	-274.143,24	634.759,23
4		-431.601,12	1.340.503,59	908.902,47	-274.143,24	634.759,23
5		-431.601,12	1.340.503,59	908.902,47	-274.143,24	634.759,23
6		-431.601,12	1.340.503,59	908.902,47	-274.143,24	634.759,23
7		-431.601,12	1.340.503,59	908.902,47	-274.143,24	634.759,23
8		-431.601,12	1.340.503,59	908.902,47	-274.143,24	634.759,23
9		-431.601,12	1.340.503,59	908.902,47	-274.143,24	634.759,23
10		-431.601,12	1.340.503,59	908.902,47	-274.143,24	634.759,23
11		-431.601,12	1.340.503,59	908.902,47	-274.143,24	634.759,23
12		-431.601,12	1.340.503,59	908.902,47	-274.143,24	634.759,23
13		-431.601,12	1.340.503,59	908.902,47	-274.143,24	634.759,23
14		-431.601,12	1.340.503,59	908.902,47	-274.143,24	634.759,23
15		-431.601,12	1.340.503,59	908.902,47	-274.143,24	634.759,23
VALOR TOTAL DO FLUXO DE CAIXA						**8.461.290,63**

Fonte: os autores.

CONCLUSÃO

Ao analisar os resultados obtidos quanto à determinação do fluxo de caixa nos três cenários analisados, a conclusão é positiva quanto à viabilidade da implantação do loteamento proposto, sendo rentável quanto ao investimento financeiro necessário. Além disso, com resultados muito positivos quanto ao retorno financeiro do investimento para o empreendedor, em que, ao tratarmos de um projeto hipotético com o objetivo de determinar a existência ou não de viabilidade econômica prévia ao grande investimento necessário para implantar o loteamento, as criteriosas análises apresentaram a viabilidade existente da implantação do loteamento proposto no município de Maringá-PR.

Determinada a eficiência do investimento, há de se refletir, por exemplo, em épocas mais distintas de carência de investimento por parte da população e necessitaria de formas de tomadas de decisão para ter a precisão dos investimentos no referido loteamento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-1**:2019. Avaliação de bens Parte 1: Procedimentos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS.**NBR 14653-2**:2011. Avaliação de bens Parte 2: Imóveis urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

AWAD, M. M. C.; IGNATIOS, M. F. Avaliação de Glebas Urbanizáveis: velhos e novos paradigmas. **Congresso Brasileiro De Engenharia E Avaliações E Perícias**. 18, 2015, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2015.

FERRARI NETO, A. *et al.* **Engenharia de Avaliações.** v.2. [S. l]: Leud, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resolução nº 3, de 26 de agosto de 2019.** Divulga as estimativas da População para Estados e Municípios. Diário Oficial da União, 2019.

MARINGÁ. **Lei Municipal LC Nº 888**, de 26 de julho de 2011. Regula o Uso e a Ocupação do Solo no Município de Maringá. Maringá: Câmara Municipal, 2011a. Disponível em: https://leismunicipais.com.br/a1/plano-de-zoneamento-uso-e-ocupacao-do-solo-maringa-pr. Acesso em: 1 abr. 2020.

MARINGÁ. **Lei Municipal LC Nº 889**, de 27 de julho de 2011. regula o parcelamento do solo no Município, obedecidas as demais normas federais e estaduais relativas à matéria. 2011b. Disponível em: https://bit.ly/2SbFNsN. Acesso em: 29 set. 2019.

MARINGÁ. **Lei Municipal LC Nº 1106**, de 20 de dezembro de 2017. Trata da Planta de Valores Genéricos de Edificações e de Terrenos, 2017. Disponível em: https://bit.ly/2EwsOhR. Acesso em: 11 jun. 2020

MARINGÁ. **Lei Municipal LC Nº 1148**, de 21 de dezembro de 2018. Trata da Planta de Valores Genéricos de Edificações e de Terrenos, 2018. Disponível em: https://bit.ly/304yrLF. Acesso em: 11 jun. 2020

MELLO, I. P.; COSTA, C. G. Limitação e Inadequação do Método Involutivo para a Avaliação de Glebas Urbanizáveis Vazias. In: **Congresso Brasileiro De Engenharia De Avaliações E Perícias – Cobreap**. 19, Foz do Iguaçu, 2017.

MOREIRA, D.; SILVA, R. S.; FERNANDES, A. M. R. Engenharia de Avaliações de Imóveis apoiada em Técnicas de Análise Multicritérios e Redes Neurais Artificiais: **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, v. 1, n. 6, p. 49-58, 2010.

MORI, E. C.; ZACHARIAS, R.; SOUZA, S. A. T. **Planta de Valores Genéricos: estudo de caso no município de Maringá.** Maringá: [s. n.], 2008.

PORTAL TRIBUTÁRIO. **IRPJ - Lucro Real.** Disponível em http://www.portaltributario.com.br/guia/lucro_real.html. Acesso em: 11 jun. 2020.

REVISTA CONJUNTURA ECONÔMICA. **Índices Econômicos: Índice Nacional de Custo da Construção – INCC**. v. 74, n. 5. Rio de Janeiro: Editora FGV/IBRE, 2020.

REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO. **Negócios de Incorporação e Construção**, v. 70, n. 194. São Paulo: PINI, 2017.

SANTOS, D. E. **Avaliação de Imóveis**: **laudos e perícias**. Maringá: UNICESUMAR, 2014. Disponível em: https://docplayer.com.br/10571522-Avaliacao-de-imoveis.html. Acesso em: 25 mar. 2020.

SINDICATO DOS ARQUITETOS E URBANISTAS DO PARANÁ. **Honorários.** Disponível em https://www.sindarqpr.org.br/honorarios/. Acesso em: 11 jun. 2020.

SUB100. **Imóveis à venda.** Disponível em: http://sub100.com.br/imoveis. Acesso em: 20 maio 2020.

THOFEHRN, R. **Avaliação em Massa de Imóveis Urbanos: para cálculo de IPTU e ITBI.** São Paulo: PINI, 2010.

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução.** São Paulo: PINI, 2006.

VASCO, R. **BDI: o que é e como calcular?** Disponível em: https://stant.com.br/bdi-o-que-e-e-como-calcular/. Acesso em: 11 jun. 2020.

ANÁLISE CRÍTICA SOBRE A APLICAÇÃO PRÁTICA DA METODOLOGIA DE INSPEÇÃO PREDIAL DA NBR 16747:2020

CRITICAL ANALYSIS ON THE PRATICAL APPLICATION OF NBR 16747:2020 BUILDING INSPECTION METHODOLOGY

João Otávio Nicoletti **Staub**
Arthur Felipe Echs **Lucena**

RESUMO

Em vigor desde maio de 2020, a inspeção predial é um processo regido pela NBR 16747:2020. O objetivo dessa normativa é padronizar uma metodologia para a atividade que busca orientar a manutenção da edificação analisando seu estado de funcionamento e desempenho dos sistemas e subsistemas com base nos requisitos dos usuários. Por conta da sua recente publicação e mudanças de paradigmas que representa, o presente estudo teve por objetivo discutir as facilidades e dificuldades de aplicação da metodologia de inspeção predial descrita na norma em questão. Para tanto, realizou-se um estudo de caso em uma edificação escolar da rede pública localizada em Maringá/PR. Os resultados do estudo relevaram que, para que a inspeção se desenvolvesse de maneira eficaz, é necessário o desenvolvimento de alguns documentos que não constam na normativa, como roteiros e *checklist*s. De modo geral, a metodologia de inspeção predial descrita na NBR 16747:2020 se mostrou eficaz à medida que apresenta etapas de investigação técnica da edificação.

Palavras-chave: Inspeção predial. Manutenção. NBR 16747.

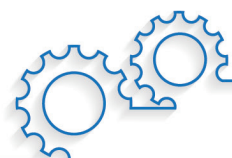
ABSTRACT

Building inspection activity is covered by NBR 16747: 2020, in force since May 2020. The objective of this regulation is to standardize a methodology for the activity which seeks to guide the maintenance of the building by analyzing their state of functioning and performance of systems and subsystems with based on user requirements. Because of its recent publication and paradigm changes, the present study aimed to discuss the facilities and difficulties of applying properly the methodology of inspection described in the regulation. For this purpose, was performed a study of case in a public-school building located in Maringá/PR. The results of the study revealed that, in order to develop effectively the inspection, it is necessary to improve some documents that does not appear in the regulation, such as scripts and checklists. In general, the building inspection methodology described in NBR 16747:2020 proved to be effective as it presents stages of technical investigation of the building.

Keywords: Building inspection. Maintenance. NBR 16747.

INTRODUÇÃO

As edificações possuem importância no contexto urbano pelo fato de representarem à sociedade um patrimônio, muitas vezes de valor incalculável, dada sua relevância para famílias, empresas e instituições (PACHECO, 2017). Pode-se afirmar que servem de estrutura física para a realização, direta ou indireta, das tarefas produtivas, adquirindo assim utilidade indispensável à sociedade. Portanto, os imóveis habitacionais, comerciais, públicos entre outros, assumem um papel fundamental no convívio das pessoas, nas atividades profissionais e na prestação de serviços públicos, sendo um meio para todas essas relações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, 2012).

Diante do destaque que possuem no contexto social, é importante estabelecer procedimentos que garantam seu bom funcionamento ao longo de sua vida útil, para apresentarem conforto e segurança aos seus usuários. De acordo com Ortiz (2015), os acidentes prediais ocasionados por falhas na construção ou na manutenção predial ocorrem por displicência com a edificação. Portanto, através de um planejamento iniciado com a inspeção predial e posteriormente com a implantação de um plano de manutenção, é possível evitar tais incidentes. Dessa forma, a atividade de inspeção predial é um tema vinculado com a qualidade das edificações, à medida que integra os procedimentos de manutenção.

Atualmente, a atividade de inspeção predial é entendida como uma ferramenta da Engenharia Diagnóstica em edificações, sobretudo para identificar falhas e erros de procedimentos, assim como incentivar a cultura da manutenção predial (GOMIDE; FAGUNDES NETO; GULLO, 2015). Esses autores ainda afirmam que os procedimentos técnicos investigativos são as principais ferramentas da Engenharia Diagnóstica e são classificados de acordo com seu grau de complexidade respectivamente, a saber: vistoria, inspeção predial, auditoria, perícia e consultoria.

A preocupação com a inspeção predial teve seus principais avanços em anos recentes. Segundo Pujadas (2017), foi apenas no ano 2000 que o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias em Engenharia de São Paulo (IBAPE/SP) criou a Câmara de Inspeção Predial, sendo que no ano de 2002 foi publicada a primeira norma de inspeção predial do órgão. Em 2009, de acordo com Pujadas (2014), a câmara de inspeção predial do IBAPE/SP realizou um estudo sobre a origem de acidentes prediais em edificações com mais de dez anos. O estudo constatou que, entre os acidentes, 66% tinham origem em falhas de manutenção e uso, enquanto 34% tinham origem em anomalias construtivas.

Ainda é comum inspeções prediais apresentarem diferenças entre si, justamente pela falta de uma metodologia única (BANDEIRA, 2020). Uma inspeção bem planejada, em que todas as partes envolvidas conhecem seu papel, aprimora a eficiência da atividade e assegura quais informações devem ser repassadas aos agentes integrantes do processo (BIGOLIN; PACHECO; SILVA FILHO, 2014).

Conforme a legislação avançou no sentido de propor obrigatoriedade a respeito da periodicidade da realização de inspeção predial, surgiu a necessidade de a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborar um texto técnico que trata exclusivamente da atividade, na busca de normatizar a atividade de inspeção predial. Esse documento visa agregar todos esses elementos e orientar a realização do laudo técnico, a fim de mitigar a prática de trabalhos de qualidade insatisfatória, elaborados apenas para suprir exigências dos órgãos fiscalizadores (MATTOS JUNIOR *et al*., 2017).

Diante disso, em maio de 2020, tornou-se vigente a NBR 16747:2020 - Inspeção Predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, 2020). A sua elaboração representou um marco normativo de uma nova metodologia de inspeção predial. Até então, pela falta de uma norma específica, os profissionais seguiam critérios e roteiros elaborados pelo IBAPE para realizar a atividade (MATTOS JUNIOR *et al*., 2017).

Segundo a nova normativa, o objetivo da atividade de inspeção predial é verificar o estado de funcionamento e condições de uso da edificação, de seus sistemas e subsistemas. Dessa forma, é possível realizar um acompanhamento organizado do comportamento em uso ao longo da vida útil da edificação, a fim de que se cumpram os requisitos de segurança, habitabilidade e durabilidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, 2020).

A atividade de inspeção predial pode ser aplicada em edificações públicas ou privadas. Visa uma investigação global, fundamentada através de exames sensoriais por profissionais habilitados. Dessa forma, a NBR 16747:2020 define patamares de urgência para a organização das prioridades das irregularidades observadas pelo inspetor predial, baseado em suas recomendações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, 2020). Esses patamares são estabelecidos de acordo com a necessidade de restaurar e preservar o desempenho dos sistemas, subsistemas e elementos da edificação. Essa etapa merece destaque, pois sugere a organização das recomendações em patamares de prioridades, sendo eles: prioridade 1; prioridade 2 e prioridade 3. Antes, essa etapa da inspeção predial era definida com uma lista de prioridades de acordo com o grau de risco que a irregularidade apresentava na visão do inspetor (PUJADAS, 2019).

Diante das mudanças de paradigmas acarretadas pela publicação desta nova normativa, o presente estudo teve o objetivo de discutir os benefícios e dificuldades da aplicação do procedimento de inspeção predial descrito na NBR 16747:2020. Para isso, foi necessário realizar uma experiência prática de sua aplicação através de um estudo de caso em um prédio público escolar na cidade de Maringá-PR.

O estudo se justifica pelo fato da recente vigência da referida norma, sendo que antes a atividade de inspeção predial era embasada pelas normas do IBAPE. Além disso, estudos anteriores realizados a partir do projeto da norma de Inspeção Predial sugerem a aplicação da normativa para inspeção de edificações de variadas tipologias, com o intuito de desenvolver parâmetros para qualquer tipo de inspeção predial (KRAUSE, 2018).

MATERIAL E MÉTODOS

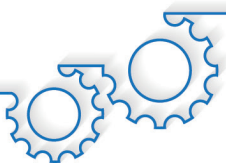
A pesquisa foi elaborada a partir de um estudo de caso. A parte inicial do estudo aconteceu com a escolha da edificação a receber a inspeção predial. Como a própria NBR 16747:2020 destaca, a inspeção predial deve ocorrer em uma edificação com histórico de manutenção, ou seja, não pode ser em uma edificação recém-construída (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, 2020).

Dessa forma, a edificação escolhida possui aproximadamente dez anos de uso, tratando-se de um prédio público escolar localizado na cidade de Maringá/PR. A escola (A) pertence ao município, está edificada em um terreno de 9.982,82 m² e possui área construída de 2.550,30 m², tendo sido concluída no ano de 2010.

Foi executado o procedimento de inspeção predial descrito na NBR 16747:2020 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, 2020), cujas etapas são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Etapas da inspeção predial

Etapas
Levantamento de dados e documentação.
Análise dos dados e documentação solicitados e disponibilizados.
Anamnese para a identificação de características construtivas da edificação, como idade, histórico de manutenção, intervenções, reformas e alterações de uso ocorridas.
Vistoria da edificação de forma sistêmica, considerando a complexidade das instalações existentes.
Classificação das irregularidades constatadas.
Recomendações das ações necessárias para preservar ou restaurar o desempenho dos sistemas, subsistemas e elementos construtivos afetados por falhas, anomalias, manifestações patológicas e/ou não conformidades com a documentação analisada.
Organização das prioridades, em patamares de urgência, tendo em conta as recomendações apresentadas pelo inspetor predial.
Avaliação da manutenção, conforme a ABNT NBR 5674:2012.
Avaliação do uso.
Redação e emissão do laudo técnico de inspeção.

Fonte: Associação Brasileiras de Normas Técnicas (2020) p.7, adaptado.

Pelo fato de se tratar de um estudo preliminar, a pesquisa possui algumas limitações, como a ausência de inspeção em alguns sistemas por difícil acesso ou por questões de segurança e falta de equipamentos. Ressalta-se que todas as áreas comuns foram vistoriadas. Em contrapartida, a cozinha, os sistemas de cobertura, sistema de proteção de descargas atmosféricas (SPDA), sistema de bombas hidráulicas de combate a incêndio e quadro geral de energia não foram inspecionados. Além disso, não foi possível realizar a etapa final da inspeção referente à elaboração do documento de laudo técnico, uma vez que se trata de um documento extenso. Salienta-se que o documento não é essencial para o cumprimento do objetivo desta pesquisa, haja vista que seu foco principal está relacionado ao processo de aplicação prática da atividade de inspeção predial descrita na NBR 16747:2020 (etapas anteriores à emissão do laudo). O Quadro 2 contém a relação de todos ambientes vistoriados separados por pavimento.

Quadro 2 - Ambientes vistoriados por pavimento

Pavimento superior	Pavimento inferior
Rampa de acesso principal	Pátio coberto
Salas de aula	Playground
Circulação	Refeitório
Instalações sanitárias	Quadra de esportes
Biblioteca	Estendal
Depósito de material de limpeza	Estacionamento
Rampa de acesso à quadra	Entorno do prédio

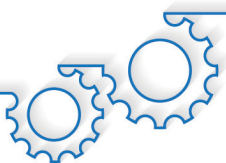
Fonte: os autores.

Conforme recomendação normativa, foi realizado o levantamento de dados da edificação para conhecer suas características construtivas, histórico de manutenção e possíveis agentes de degradação de seus sistemas. Esse levantamento foi realizado através da solicitação de documentos da edificação à Secretaria de Obras Públicas do município, análise da documentação entregue e por fim uma entrevista com a diretora da escola. Esses procedimentos constituem as três primeiras etapas da inspeção predial segundo a NBR 16747:2020 (ABNT, 2020). O Quadro 3 contém os documentos e projetos solicitados para o levantamento de dados da edificação.

Quadro 3 - Documentos solicitados para levantamentos de dados

Documentos administrativos e Técnicos
Manual de uso e operação
Plano de manutenção
Manual técnico de equipamentos instalados
Alvará de Funcionamento
Auto de vistoria corpo de bombeiros
Projetos Legais
Certificado de dedetização
Relatórios da realização de serviços de manutenção previstos no manual
Relatórios de limpeza e desinfecção dos reservatórios de água
Memorial descritivo
Cadastro imobiliário

Fonte: Associação Brasileiras de Normas Técnicas (2020) p.12, adaptado.

A etapa seguinte, de vistoria da edificação, foi desenvolvida através de um planejamento prévio, ou seja, necessitou-se da elaboração de um roteiro. Esse planejamento pode ser observado no Quadro 4, que apresenta os sistemas analisados e os requisitos avaliados, constituindo o escopo da inspeção. Sendo assim, para a elaboração do roteiro, levou-se em consideração os sistemas da edificação e os possíveis agentes de degradação.

Quadro 4 - Planejamento dos sistemas e requisitos da vistoria

Sistema	Requisitos	Sistema	Requisitos
Fundação	Erosão do solo	Instalação elétrica: Interruptores, tomadas e pontos de luz	Funcionamento
	Fissuras de recalque diferencial		Modificações e improvisos
Estrutural	Fissuras		Superaquecimento
	Destacamentos		Danos aparentes
	Armadura exposta		Falha interruptores
	Falhas de concretagem	Instalação Hidráulica: torneiras, registros, ralos, bebedouros e louças sanitárias	Funcionamento
	Eflorescência		Fixação
	Deformações excessivas		Vazamentos / infiltração
Revestimento Paredes	Fissuras		Deterioração
	Irregularidade geométrica		Limpeza
	Infiltração		Escoamento
	Eflorescência		Obstrução
	Destacamentos	Acessibilidade: banheiros, bebedores e piso	Apoios instalados
Revestimento Lajes	Fissuras		Largura de portas
	Deformações		Altura bebedouros
	Infiltração		Piso podo tátil
	Desplacamentos		Comunicação Visual
Revestimento Pisos	Fissuras	PSCIP - Extintores, hidrantes e saídas de emergência	Validade da carga
	Deformações		Conservação do cilindro
	Desplacamentos		Lacre
Revestimento Pintura Externa	Manchas		Sinalização
	Bolhas		Vazamento
	Trincas		Conservação mangueiras
Revestimento Pintura Interna	Manchas		Sinalização emergência
	Bolhas		Sinalização rotas de fuga
	Trincas		Iluminação de emergência
Revestimento Cerâmico	Peças trincadas	Impermeabilização	Infiltração
	Peças manchadas		Ressecamento
	Preenchimento das juntas		Caimento para os ralos
	Desplacamentos		Descolamento
Esquadrias	Funcionamento	Instalação de gás	Vazamento
	Vedação		Corrosão da tubulação
	Componentes danificados		Aberturas do abrigo
	Pintura / Corrosão		Dimensões do abrigo
	maçanetas / puxadores / travas		Sinalização

Fonte: Krause (2018) p. 49, adaptado.

Para controle das informações geradas na vistoria, foi necessário adaptar um quadro para coleta e organização de dados. Adotou-se um modelo que possui no cabeçalho a identificação do sistema ou subsistema observado, com campo para identificar o requisito avaliado, a localização da irregularidade, o número de registro da fotografia da irregularidade e uma observação sucinta da irregularidade. No Quadro 5, tem-se o exemplo do quadro utilizado para registrar irregularidades referentes ao sistema estrutural.

Quadro 5 - Ficha de coleta de dados referente ao sistema estrutural

Superestrutura	**Local**	**Foto nº**	**Observação**
Fissuras			
Destacamento			
Armadura exposta			
Falhas de concretagem			
Lixiviação			
Deformação excessiva			
Outro:			
Outro:			

Fonte: Carvalho e Almeida (2017) p. 12, adaptado.

Para realizar as análises, classificações e recomendações da inspeção predial, foi feito um quadro listando todas as irregularidades, sendo destacadas as seguintes informações: a classificação da irregularidade encontrada, a recomendação técnica do inspetor predial, a classificação da prioridade conforme patamar de urgência, a avaliação do uso e um espaço para observações (Quadro 6).

Quadro 6 - Tabela de classificação e recomendação das irregularidades

Relação das irregularidades constatadas						
Sistema	**Local**	**Irregularidade**	**Recomendação**	**Classificação**	**Prioridade**	**Avaliação uso**

Fonte: Krause (2018) p. 134, adaptado.

Na seção de resultados da inspeção predial, o presente estudo enfatiza as recomendações de manutenção das irregularidades classificadas em prioridade 1 e 2, pois são aquelas que demandam maior atenção para a manutenção predial. Também é apresentada a avaliação do uso e manutenção da edificação, conforme sugere a NBR 16747:2020. Por fim, constam as observações e análise da aplicação da metodologia de inspeção predial da norma conforme experiência dos autores por meio da realização do estudo de caso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que diz respeito aos documentos solicitados para o levantamento de dados sobre a edificação, o Quadro 7 apresenta a relação de documentos disponibilizados.

Quadro 7 - Relação de documentos disponibilizados

Documentos administrativos e Técnicos	**Observações**
Manual de uso e operação	Não possui
Plano de manutenção	Não possui
Manual técnico de equipamentos instalados	Não possui
Alvará de Funcionamento	Conforme
Auto de vistoria corpo de bombeiros	Conforme
Projetos Legais	Conforme
Certificado de dedetização	Conforme
Relatórios da realização de serviços de manutenção previstos no manual	Não possui
Relatórios de limpeza e desinfecção dos reservatórios de água	Conforme
Memorial descritivo	Conforme
Cadastro imobiliário	Conforme

Fonte: os autores.

Sobre a documentação solicitada, pode-se destacar a ausência de manual do proprietário e plano de manutenção, assim como relatórios de serviços de manutenção previstos no manual. Tais documentos são previstos em normas e descrevem procedimentos de uso, operação e manutenção da edificação, orientando a respeito de procedimentos que conservam o desempenho dos sistemas e a periodicidade da troca de componentes da edificação. A ausência destes impossibilitou a avaliação da manutenção da edificação pelo fato desta análise ser essencialmente baseada no plano de manutenção da edificação. O assunto será tratado com mais detalhes na análise dos resultados da inspeção predial.

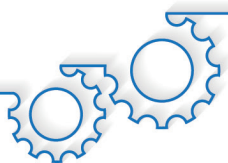
Em relação à documentação disponível, cabe ressaltar que todos os projetos legais foram analisados. Como visto, por se tratar de uma edificação pública, o acesso aos projetos se deu por solicitação à secretaria de obras públicas do município. Portanto, observou-se que, para inspeções prediais em edificações públicas, é necessária a contribuição de outros setores da administração municipal, pois a gestão predial da escola acontece com a participação de várias secretarias municipais, não se restringindo apenas à diretoria da instituição.

Outro destaque importante sobre essa etapa da inspeção diz respeito ao anexo A da NBR 16747:2020, que recomenda uma lista geral de documentos a serem solicitados ao gestor predial. Esse anexo teve importância no desenvolvimento da inspeção para referenciar quais documentos são pertinentes solicitar e analisar, conforme particularidades da edificação. Portanto, o conteúdo deste anexo acrescentou informações sobre uma etapa descrita de maneira sucinta no seu respectivo item da norma, artifício que poderia ser utilizado para detalhar outras etapas da inspeção predial.

Em seguida, na etapa de anamnese, a entrevista com a diretora da escola informou sobre o processo de manutenção do prédio escolar e histórico da edificação. Na escola, é realizada a manutenção preventiva para extintores, dedetização e limpeza do reservatório em período anual. Já para problemas no edifício em si, a manutenção é realizada de maneira corretiva conforme são observadas irregularidades pela direção.

Sobre os relatos da entrevista, ressalta-se a utilização do pátio coberto como refeitório, pelo fato de o local projetado para este fim não ter espaço suficiente para receber todos os alunos ao mesmo tempo. A situação relatada não foi considerada uma irregularidade, haja vista que o local adaptado para refeitório possui os equipamentos necessários e apresenta segurança aos usuários.

Sendo assim, a etapa de anamnese forneceu informações relevantes e contribuiu para a qualidade do resultado final da inspeção. Um detalhe importante dessa etapa consistiu em realizar parte da entrevista percorrendo os ambientes da edificação com a diretora, a NBR 16747:2020 não menciona tal procedimento, porem notou-se que algumas irregularidades foram citadas conforme contato visual no local da ocorrência.

A etapa seguinte da inspeção predial consistiu na vistoria da edificação. O procedimento foi baseado em um roteiro e quadro de controle das informações coletadas. O Quadro 8 demonstra como foram preenchidos os documentos de controle de dados da vistoria em relação às irregularidades constatadas. A norma de inspeção não recomenda documento específico para esse tipo de controle, porém determina que se realize o registro durante a vistoria.

Quadro 8 - Irregularidades constatadas no sistema de superestruturas

Superestrutura	Local	Foto nº	Observação
Fissuras	Laje da tampa de acesso a quadra	2032/5964/2469	Fissuras apenas na laje de cobertura
Destacamento	-	-	-
Armadura exposta	-	-	-
Falhas de concretagem	-	-	-
Lixiviação	Laje da tampa de acesso à quadra	2032/5964/2469	Ocorrendo nas fissuras
Deformação excessiva	-	-	-
Outro:	-	-	-
Outro:	-	-	-

Fonte: os autores.

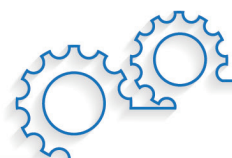
O destaque a ser dado sobre a etapa de vistoria foi a necessidade de desenvolver documento de apoio, ou seja, um *checklist*, conforme representado no Quadro 8. O modelo utilizado foi inspirado em outro estudo e adaptado para a edificação deste estudo de caso. Uma sugestão sobre esse assunto é o texto normativo apresentar um modelo de *checklist* ou nota informativa sobre o processo de registro das irregularidades durante a vistoria. Esse tipo de informação contribuiria ainda mais para a padronização da metodologia de inspeção predial. Uma vez que outras normas também utilizam anexos informativos com modelos de lista de verificações. Como exemplo a NBR 5674 possui vários anexos e tabelas com modelos explicativos (ABNT, 2012).

A ausência de documento do tipo, para o controle dos dados coletados durante a vistoria, pode levar o inspetor predial a manipular de maneira equivocada as informações ou deixar algum sistema fora da inspeção predial. Além disso, o processo de elaboração do *checklist* reforça o estudo dos sistemas, subsistemas, componentes e seus possíveis agentes de degradação, ou seja, contribui para a análise dos aspectos gerais da edificação.

Após a etapa de vistoria, em um mesmo quadro foram organizadas as informações geradas na análise dos dados coletados. O Quadro 9 contém as irregularidades constatadas e as devidas informações referentes às etapas de classificação das irregularidades, recomendações das ações necessárias para restaurar ou preservar os sistemas, organização das prioridades em patamares de urgência e também a avaliação do uso.

Quadro 9 - Resultado da inspeção predial

Relação das irregularidades constatadas						
Sistema	Local	Irregularidade	Recomendação	Classificação	Priori-dade	Avaliação uso
Sistema elétrico - Ponto de luz	Rampa de acesso da entrada	Derretimento do acrílico da luminária arandela	Trocar as lâmpadas incandescentes por lâmpadas de led para evitar o aquecimento do acrílico de proteção das arandelas. Trocar acrílico das arandelas	Anomalia endógena	1	Regular
Sistema elétrico - Alarme	Rampa de acesso da entrada	Condutor elétrico do sistema de alarme exposto	Instalar elétroduto para envolver os condutores elétricos	Anomalia endógena	1	Regular
Acessibilidade	Toda Edificação	Ausência de sinalização tátil no piso	Contratar empresa especializada para elaborar projeto de sinalização tátil no piso conforme a NBR 9050	Anomalia endógena	2	Irregular
Esquadrias - Janelas de alumínio basculantes	Toda Edificação	Puxadores basculantes danificados	Substituição das partes danificadas das esquadrias existentes, que apresentam problemas nas alavancas de acionamento e nos pivôs da folha móvel	Falha	2	Regular
Esquadrias - Janelas de alumínio basculantes	Toda Edificação	Borracha de vedação desprendida	Encaixar borrachas de vedação em todos os vãos dos vidros	Falha	2	Regular
Revestimento - Paredes	Biblioteca / sala 5	Vidro de espelho fixado no nível do piso	Retirar o vidro de espelho	Falha	1	Irregular
PSCIP - extintores	Toda Edificação	Ausência de sinalização de extintor no piso	Executar sinalização de extintores conforme NR 23	Anomalia endógena	1	Regular
Esquadrias - portas alumínio	Banheiros dos alunos pavimento superior	Ausência de puxadores / trinco	Instalar puxadores / trincos nas portas das divisórias nos banheiros dos alunos	falha	2	Regular
Impermeabilização	laje da rampa de acessibilidade quadra	Infiltração e lixiviação	Contratar empresa especializada para projetar e instalar cobertura metálica e telhamento metálico termo acústico acima da laje da rampa	Anomalia endógena	1	Regular
Esquadrias -brises de metal	Venezianas da rampa de acessibilidade interna	Corrosão / oxidação	Executar tratamento da corrosão removendo a camada de ferrugem existente, em seguida aplicar fundo anti corrosão e pintura com tinta esmalte sintético	Anomalia funcional	2	Regular
Esquadria - portão metálico	Escada do pátio coberto / quadra esportiva	Tela artística deformada	Trocar a tela artística por tela soldada	Anomalia funcional	1	Regular
PSCIP - extintores	Pátio coberto / Quadra esporte / estendal	Ausência de extintor	Instalar novos extintores nos pontos existentes conforme norma dos bombeiros	Falha	1	Irregular
Sistema hidráulico	Estacionamento / área externa	Tampa da caixa de passagem quebrada	Instalar tampas de concreto conforme as dimensões das caixas	Anomalia funcional	1	Regular
Revestimento cerâmico - pisos	Pavimento superior	Desplacamento e som cavo	Contratar inspeção especializada para realizar ensaios laboratoriais nos componentes que compõe o sistema de piso como: Placas cerâmicas, argamassa de regularização, argamassa de assentamento e rejunte	Anomalia endógena	1	Regular
Impermeabilização	Paredes externas das salas de aula	Infiltração	Realizar a instalação de rufo metálico sobre as junções entre alvenaria e vigas de concreto, para solucionar os problemas de infiltração por meios de trincas no encunhamento. Selar todas as trincas existentes no encunhamento com selante flexível	Anomalia endógena	1	Regular

Fonte: os autores.

Sobre o processo de classificação das irregularidades em anomalias ou falhas, vale destacar a importância das informações coletadas na etapa inicial da inspeção predial, ou seja, na análise de projetos, memorial descritivo, documentação e anamnese. Essa importância se evidencia, por exemplo, na classificação da irregularidade constatada na laje da rampa de acesso a quadra, em que se notou um problema estrutural de fissuração da laje e infiltração. Porém, através da entrevista, foi constatada a inexistência de cobertura acima do ambiente, sendo que o projeto arquitetônico previa esse tipo de estrutura. Sendo assim, a irregularidade neste caso está na ausência de cobertura metálica. Classificou-se a irregularidade como anomalia endógena, visto que existe um problema construtivo por desacordo entre projeto e execução.

Mais adiante, na etapa de recomendações das ações para preservar o desempenho dos sistemas, a norma determina que estas sejam descritas de maneira clara e acessível, pois vão orientar o gestor predial na manutenção da edificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, 2020). Portanto, neste caso, as recomendações estão diretamente ligadas ao conhecimento e didática do inspetor predial. Nota-se, portanto, a importância de a norma restringir a atividade apenas para profissionais habilitados.

O caso mais complexo de desenvolvimento de recomendação neste estudo de caso consistiu na irregularidade de descolamento do revestimento de piso cerâmico no pavimento superior da edificação. O problema se revelou bastante complexo, à medida que atingiu várias salas de aula e corredores de circulação.

Para descobrir a origem dessa manifestação patológica, é necessária a uma análise mais aprofundada. De acordo com Bauer (2000), existem inúmeros fatores para a ocorrência de descolamento de placas cerâmicas, geralmente estão relacionados aos componentes de argamassa de regularização, argamassa de assentamento, placas cerâmicas e argamassa de rejunte. Também pode ocorrer o fenômeno de expansão por umidade (EPU), no qual se resume no aumento de tamanho da placa em cerâmica na presença de umidade.

Portanto nessa situação, pelo fato de a inspeção predial empregar preferencialmente apenas a análise sensorial, cabe ao inspetor predial a decisão pela recomendação de um estudo mais aprofundado. Em relação à classificação dessa irregularidade, foi considerada uma anomalia endógena, pois a manifestação não ocorreu de forma pontual, mas de maneira sistemática, periodicamente, por grande parte do pavimento, alguns anos depois da entrega da obra. Nesse caso, novamente ocorreu a associação de informações de várias etapas da metodologia de inspeção predial, principalmente da etapa de anamnese.

A etapa de organização das prioridades em patamares de urgência é baseada nas recomendações da etapa anterior, realizada pelo inspetor predial. A prioridade 1 é dada quando a perda de desempenho afeta a saúde e segurança dos usuários. Já a prioridade 2 ocorre quando a perda de desempenho ocasiona impacto na funcionalidade da edificação. Portanto, a complexidade da recomendação nem sempre representa uma urgência de patamar 1. Para exemplificar essa afirmação, citam-se a seguir dois exemplos do estudo de caso.

No primeiro exemplo, uma irregularidade constatada em uma sala de aula e biblioteca, classificada como anomalia exógena, onde estão instalados espelhos na altura do piso. A recomendação consiste apenas em retirar os espelhos dos locais, pois se trata de um prédio escolar de ensino fundamental, portanto um ambiente frequentado por crianças. Além disso, o uso foi classificado como irregular, pois não consta nos projetos o uso deste equipamento nas salas de aula ou biblioteca. Pelo fato de apresentar risco à saúde dos usuários, a irregularidade foi classificada no patamar de prioridade 1.

No segundo exemplo, na irregularidade dos componentes das janelas basculantes de alumínio, classificada como falha, ficou constatado que não oferecem riscos à saúde e segurança dos usuários. Representa um prejuízo na funcionalidade da edificação, sendo assim, foi classificado no patamar de prioridade 2.

Nessa etapa, o critério da norma se mostra bastante assertivo, pois a urgência do reparo ou manutenção se encontra primeiramente associado à situação em que a perda de desempenho oferece risco à saúde e segurança do usuário, assim como quando há aumentos expressivos de custo com manutenção e riscos ao meio ambiente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, 2020).

O último campo do quadro de resultados da inspeção predial (Quadro 9) apresenta a avaliação do uso dos sistemas, em relação às irregularidades constatadas. Essa avaliação é feita com base nas informações disponíveis ao inspetor predial. Pode ser classificada em regular ou irregular, de acordo com o que está previsto em projetos, normas técnicas, dados de fabricantes e manuais de uso e operação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, 2020).

Nesse caso, a avaliação do uso foi bastante facilitada pelo fato dos projetos e memorial descritivo estarem todos à disposição. Ressalta-se, no entanto, que essa situação muitas vezes pode não ocorrer em determinadas edificações, portanto destaca-se novamente a importância da existência e utilização desses documentos como parâmetro para as análises. Destaca-se também a importância da atualização de projetos e memoriais conforme são executadas manutenções e reformas ao longo da vida útil da edificação.

No caso da avaliação da manutenção no estudo de caso realizado, esta ficou prejudicada pelo fato de a edificação não possuir plano de manutenção, o que pode acontecer em outras situações de inspeção predial. Portanto, cabe à norma informar de maneira mais detalhada o procedimento específico para se proceder nesse tipo de caso, para a inspeção não ser impossibilitada.

Outro fato relevante que está presente ao longo do texto normativo diz respeito às recomendações das ações necessárias para restaurar ou preservar o desempenho dos sistemas. Pelo fato de a norma de inspeção predial determinar que as análises sejam feitas por análise sensorial, algumas irregularidades podem ficar impossibilitadas de serem diagnosticadas. Portanto, a recomendação deve instruir para uma análise mais aprofundada da irregularidade a fim de instruir com precisão o diagnóstico.

Por fim, tem-se a etapa de avaliação da manutenção da edificação, que deve ser realizada observando o plano de manutenção da edificação conforme a NBR 5674:2012 e NBR 14037:2014 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, 2012; 2014). Porém, conforme constatado na etapa de análise das documentações, a edificação utilizada neste estudo não possui plano de manutenção, o que caracteriza uma irregularidade. Dessa forma a avaliação da manutenção é prejudicada à medida que é baseada exclusivamente na análise do cumprimento do plano de manutenção da edificação. Portanto, essa situação foi classificada como uma anomalia endógena, com a recomendação de contratar serviço especializado de engenharia para elaboração de um plano de manutenção.

O texto normativo da NBR 16747:2020 não menciona nenhuma informação a respeito de casos de inspeções prediais sem planos de manutenção. Nesse sentido, seria interessante incluir na norma alguma nota explicativa para casos de ausência de tal documento, pois esse impasse não pode impossibilitar a atividade de inspeção predial.

CONCLUSÃO

A metodologia para a atividade de inspeção predial, descrita na NBR 16747:2020 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, 2020) consiste em uma análise global da edificação com o objetivo de avaliar o estado de funcionamento e desempenho dos sistemas e orientar a gestão e manutenção do prédio aos seus responsáveis. Possui etapas com o objetivo de levantar informações sobre as instalações e etapas de interpretação dessas informações coletadas.

Dessa forma, torna-se bastante efetivo a adaptação de tabelas específicas para cada uma dessas etapas. No caso da vistoria da edificação, o desenvolvimento de um documento para *checklist* que possua o formato específico para cada sistema se faz imprescindível. Nesse documento, deve constar o requisito que está sendo avaliado através dos possíveis agentes de degradação e da expectativa sobre o comportamento em uso, conforme considerações normativas. Devido à importância constatada sobre esse *checklist* da vistoria, acredita-se que, em futuras revisões da NBR 16747:2020, o texto normativo precisa dar maior enfoque a esse tema através de nota ou anexo informativo. Dessa forma, a metodologia de inspeção predial tende a se apresentar de maneira mais padronizada.

Por fim, constatou-se bastante eficácia na metodologia de inspeção predial descrita na NBR 16747:2020 pelo fato de possuir vários procedimentos investigativos. Conforme descrito no início desse trabalho, a inspeção predial pertence a uma área da engenharia denominada Engenharia Diagnóstica em edificações.

Portanto, as principais ferramentas da atividade são procedimentos técnicos investigativos. Sendo assim, as etapas descritas na normativa e obedecidas por esse estudo para realizar uma inspeção predial contemplam de maneira global uma edificação e formalizam um roteiro lógico a ser seguido. Por fim, destaca-se, ainda, o importante papel exercido pela norma na delimitação das atribuições profissionais para a realização da atividade. A referência normativa define que estes profissionais devem ser habilitados e devidamente registrados nos conselhos profissionais pertinentes, no caso os Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia (CREA) e Conselhos de Arquitetura e Urbanismo (CAU) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, 2020), promovendo a realização de inspeções prediais mais assertivas e embasadas em conhecimento técnico.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14037**: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Versão corrigida: 2014. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de Manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16747**: Inspeção Predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BAUER, R. J. F.; RAGO, F. Expansão por Umidade de Placas Cerâmicas para Revestimento. **Cerâmica Industrial**, v. 5, n. 3, p. 41-45, 2000.

BIGOLIN, M.; PACHECO, L. S.; SILVA FILHO, L. C. P. Inspeção predial e norma de desempenho: Agentes Intervenientes. In: **56º Congresso Brasileiro de Concreto**. Natal-RN, 2014.

CARVALHO, E. M.; ALMEIDA, L. S. Check list para inspeções prediais residenciais de múltiplos pavimentos: Desenvolvimento e aplicação. In: **19º Congresso Brasileiro de Engenharia e Avaliações e Perícias**. Foz do Iguaçu-PR, 2017.

GOMIDE, T. L. F.; FAGUNDES NETO, J. C. P.; GULLO, M. A. **Engenharia Diagnóstica em Edificações**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2015.

KRAUSE, A. C. **Aplicação Prática do Projeto de Norma ABNT/CB-002 – Inspeção Predial: análise crítica e contribuições baseadas em um estudo de caso.** 2018. 249f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2018.

MATOS JUNIOR, A. S. *et al.* Inspeção Predial – Descompasso entre legislação e prática**.** In: **19º Congresso Brasileiro de Engenharia e Avaliações e Perícias**. Foz do Iguaçu-PR, 2017.

ORTIZ, J. F. B. **A importância de inspeção predial periódica.** 2015. Disponível em: https://www.crea-mt.org.br/portal/a-importancia-de-inspecao-predial-periodica-4/. Acesso em: 26 jun. 2020

PACHECO, L. S. **Contribuição ao estudo de sistemas de inspeção e conservação predial: levantamento de bias práticas e identificação de padrões de deterioração com base na análise de dados de laudos de inspeção**. 2017. 176f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

PUJADAS, F. Z. A. A prática da inspeção predial e sua relação com as Normas ABNT NBR 5674 e ABNT NBR 16280. In: **3º Seminário de Inspeção Predial e Manutenção**. São Paulo-SP, 2014. Disponível em: http:// livrozilla.com/doc/1678722/apresenta%C3%A7%C3%A3o-da-eng%C2%BA-fl%C3%A1via-zo%C3%A9ga-andreatta-pujadas. Acesso em: 26 jun. 2020.

A IMPORTÂNCIA DA PERÍCIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL

THE IMPORTANCE OF EXPERTISE IN CIVIL CONSTRUCTION: A CASE STUDY OF A RESIDENTIAL BUILDING

João Pedro **Monarin**
Julio Ricardo de Faria **Fiess**

RESUMO

O demasiado crescimento do mercado imobiliário brasileiro, é visto como um dos principais motivos das inúmeras ocorrências de litígios técnicos presentes na construção civil, fator responsável pelo acúmulo de ações processuais no judiciário. Entretanto, para solucionar essa problemática, engenheiros aptos, atuam junto ao magistrado ou em demanda particular para suprir tal necessidade. Neste contexto, a prova pericial auxilia ao fornecer a veracidade dos fatos. Reconhecer a causa e a origem dos fatos, só e possível a partir da realização da perícia. Este estudo teve como objetivo apresentar importância da perícia na construção civil, a partir de uma vistoria realizada em uma residência localizada no município de Paranavaí-PR, a qual fez parte de uma ação processual por apresentar manifestações patológicas provenientes de possíveis erros construtivos. Para isso, foi realizado uma vistoria in loco para constatar a autenticidade dos fatos, seguida de um estudo de caso em que se elaborou em forma de laudo técnico. Dentre as anomalias, encontradas as que mais apareceram com frequência foram as provenientes dos erros constritivos. Conclui-se que é necessário a realização da prova pericial na construção civil para se determinar as origens e causas das anomalias, garantindo o justo e verdadeiro diante aos fatos ocorridos.

Palavras-chave: Engenheiro civil. Patologias. Perícia na construção civil.

ABSTRACT

The excessive growth of the Brazilian real estate market is seen as one of the main reasons for the numerous occurrences of technical disputes present in civil construction, a factor responsible for the accumulation of procedural actions in the judiciary. However, in order to solve this problem, capable engineers work with the magistrate or on a private demand to supply this need. In this context, expert evidence helps in providing the truth of the facts. Recognize the cause and origin of the facts, which is only possible after the expert's assessment. This study aimed to show the importance of expertise in civil construction, from an inspection carried out in a residence located in the municipality of Paranavaí-PR, which was part of a procedural action for presenting pathological manifestations arising from possible construction errors. For this, an on-site survey was carried out to verify the authenticity of the facts, followed by a case study in which it was prepared in the form of a technical report. Among the anomalies found, the ones that most frequently appeared were those arising from constrictive errors. It is concluded that it is necessary to carry out expert evidence in civil construction to determine the origins and causes of the anomalies, guaranteeing what is just and true in the face of the facts that have occurred.

Keywords: Civil engineer. Expertise in civil construction. Pathologies.

INTRODUÇÃO

Historicamente, a perícia no Brasil surgiu diante da demasiada busca por propriedades privadas após a promulgação da Lei de Terras nº 601, de 18 de setembro de 1850, dando início as primeiras perícias de engenharia do país. Todavia, somente passou a ser estabelecida na esfera judicial no ano de 1939, por meio do Código de Processo Civil – CPC, em que o perito era nomeado pelo magistrado, e as partes escolhiam assistentes, para que desta forma, pudessem diligenciar os fatos apontados nos autos do processo (KEMPNER, 2013).

Em 1953, foi fundado o Instituto de Engenharia Legal no Brasil – IELB, situado na cidade do Rio de Janeiro e, posteriormente, no ano de 1954, o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia – IBAPE na cidade São Paulo. Neste contexto, com o aumento das construções no país e a crescente busca por bens imobiliários, entrou em vigor na década de 70 a primeira a norma de avaliação de imóveis urbanos a NBR 502:1977, o que deu início a um novo ciclo para as perícias avaliativas (PRESOTTO, 2017).

Segundo Deustsch (2011), até o ano de 1990 as perícias de engenharia mantinham foco na área das avaliações, devido ao cenário de crescimento dos centros urbanos do país. Nesse sentido, as perícias patológicas não possuíam o mesmo destaque por consentimento de que as edificações eram novas e não apresentavam mal funcionamento, além do fato de que a tecnologia da época não possibilitava o aprofundamento de detalhes técnicos.

Diante das evoluções construtivas e da necessidade da apuração dos vícios que afetavam os produtos e serviços, foram estabelecidas por meio da norma, de perícias de engenharia na construção civil a NBR 13.752:1996 diretrizes básicas para realizações das pericias na engenharia civil, fator indicativo do aumento de casos litigiosos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996).

Contudo, atualmente devido à pressão do mercado consumidor de se obter cada vez mais a ocorrência de litígios técnicos, que estão em evidência, há um desequilíbrio socioeconômico, o qual por muitas vezes é resultado de ações processuais futuras (KEMPNER, 2013).

Um exemplo que se aplica diante da pressão do mercado consumidor e do acúmulo de ações processuais é o caso do desabamento do edifício Andrea, ocorrido no dia 15 de outubro de 2019, no bairro Dionísio Torres na cidade de Fortaleza. A ocasião do litígio se dá devido à reforma realizada na parte estrutural do edifício, em que a parte técnica responsável pela reforma se utilizou de técnica equivocada durante a obra. Isso fragilizou ainda mais a estrutura do edifício, já prejudicada por reformas de ampliação realizadas anteriormente. Segundo o Núcleo de Perícias em Engenharia Legal e Meio Ambiente (Nupelm) da Perícia Forense do estado do Ceará, autor do laudo técnico, o desmoronamento do edifício residencial ocorreu devido ao conjunto de anomalias e falhas de execução presentes no imóvel. A intervenção realizada nos pilares da base do edifício foi inadequada haja vista a falta de escoramento e descumprimentos de referenciais normativos. Essas irregularidades geraram um colapso estrutural, o qual deixou 9 vítimas fatais e 7 feridos. Por fim, o laudo técnico concluiu que os litígios ocorridos no edifício Andrea que levaram o mesmo ao colapso, são oriundos das irregularidades de execução, as quais foram realizadas nas diversas reformas do edifício residencial (PEFOCE, 2020).

A NBR 13752:1996 define que irregularidades são anomalias que podem causar danos efetivos ou representar ameaça potencial à saúde ou à segurança do usuário, decorrentes de falhas do projeto ou execução de um produto ou serviço, ou ainda, de informação incorreta ou inadequada de sua utilização ou manutenção (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996a). As patologias oriundas de má execução estão ligadas ao não cumprimento das normas técnicas e projeto. Além disso, outros fatores intervenientes são a mão de obra desqualificada e a ausência de profissional técnico no canteiro de obras (GRANDISKI, 2001 *apud* PELACANI, 2010, p. 82).

Os erros provocados durante a execução de uma edificação afetam diretamente a durabilidade da mesma, e de acordo com a ISO 13.823:2008, a durabilidade é a capacidade da estrutura em geral de satisfazer as exigências de desempenho do projeto por determinado período.

A perícia é a prova que define os fatos e nesse contexto, no ramo da engenharia os experts habilitados colaboram com juízes, advogados, partes e serviços particulares, para o esclarecimento de fatos que envolvam requisitos técnicos de seu conhecimento (DEUTSCH, 2011). Segundo a NBR 14.653-1:2001, perícia é a atividade técnica realizada por profissional com qualificação específica, para averiguar e esclarecer fatos, verificar o estado de um bem, apurar as causas que motivaram determinado evento, avaliar bens, seus custos, frutos ou direitos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001). Segundo Maia Neto (1997), tanto autor como réu, ao solicitar uma prova dos fatos, procura convicção da existência dos mesmos, o que só é respondido diante da realização da perícia. Tal concepção comprova o exemplo anteriormente citado, em que a ocorrência do desabamento do edifício só foi constatada a partir da realização da perícia de engenharia.

De acordo com Kempner (2013), a prova pericial é de suma importância para caso de confissões, provas documentais ou qualquer outro elemento diante os autos por meio da lei que não sejam suficientes para o julgamento. A prova pericial é o que auxilia na decisão judicial.

O art. 464 do novo Código de Processo Cível brasileiro (Lei nº 13.105, de 16 de março de 2015), define que a prova pericial se consiste em três áreas de atuação: Exame – inspeção feita por perito em pessoas, animais, coisas móveis, livros e papeis, a fim de se investigar o fato ou circunstâncias ocorridas; Vistoria - inspeção feita por perito em um imóvel, para verificar fatos ou circunstâncias ocorridas; Avaliação – é o exame destinado a verificação do valor em dinheiro de alguma coisa ou obrigação (BRASIL, 2015).

Deutsch (2011) ainda destaca que o ramo da perícia na engenharia não inclui apenas a prática pericial judicial, pois o *expert,* além exercer suas atividades como perito judicial e assistente técnico, poderá também atuar como consultor extrajudicial, utilizando-se dos mesmos objetivos da prova pericial.

Diante das inúmeras atividades e fenômenos da construção civil, se faz necessária a presença do engenheiro civil como perito, sendo responsável por fornecer a origem e causa dos fatos e apontados (TAKAHASHI, 2002).

Neste contexto, o presente artigo tem por objetivo apresentar importância da perícia na construção civil, a partir de uma vistoria realizada em uma residência localizada no município de Paranavaí-PR, que fez parte de uma ação processual por apresentar manifestações patológicas provenientes de vícios construtivos.

ESTUDO DE CASO

A realização do presente estudo tem ênfase na análise técnica das patologias construtivas oriundas de falhas de execução e erros de projeto, fatores esses que denotam a importância da engenharia investigativa na área da construção civil. A primeira etapa do estudo constituiu na revisão bibliográfica por meio de recursos encontrados na biblioteca da UNINGÁ – Centro Universitário Uningá e artigos científicos encontradas na Internet, além de consultas à profissionais experientes da área pericial para o melhor entendimento dos fatos.

No estudo de caso, para que se pudesse coletar os dados necessários, realizou-se uma vistoria com acompanhamento de um profissional habilitado perito em um certo imóvel, com manifestações patológicas, situado na cidade de Paranavaí, estado do Paraná. O imóvel em questão é parte de uma ação processual dos moradores contra o construtor, pela da existência de falhas que prejudicam o desempenho da edificação diante da habitabilidade, segurança e estética.

A vistoria do imóvel foi baseada na verificação dos fatos apontados pela parte autora do processo, a qual adquiriu o imóvel novo, financiado a partir de um programa do governo federal. A partir do aparecimento das manifestações patologias e da falta de êxito na negociação com a parte ré (construtora) para a realização dos reparos, deu entrada em uma ação processual requerendo seus direitos.

Com o auxílio de um trena eletrônica, câmera fotográfica e itens para a anotação, constatou-se na vistoria que o imóvel era composto por dois quartos, sala, cozinha, banheiro, garagem, lavanderia e varanda aos fundos coberta de telhas de fibrocimento com estrutura de madeira. O mesmo possuindo cerca de 66,55 m² de construção em alvenaria, situado em um lote de 135,27 m², apresentando um padrão construtivo baixo, com idade aparente de 5 anos, estando localizado em uma região residencial próximo ao centro da cidade.

Após a conferência das medias e relatos fotográficos, com o auxílio do perito foram realizados alguns testes para constatar as possíveis causas das patologias presentes no imóvel. Primeiramente se analisou as trincas com um fissurometro, que apresentou as espessuras das tricas tanto na fachada do imóvel, quanto na parte interna da parede afeta. Além disso, a olho nu, foram constadas anomalias de sinais de umidade na parede já mencionada, umidade nos revestimentos cerâmicos do banheiro e tipo de revestimentos diferentes. Por fim, ao constatar que os moradores já haviam realizados reparos na instalação elétrica do chuveiro, foi realizado uma inspeção em toda parte elétrica da residência, constatando anomalias em uma caixa de inspeção ao se depara que a mesma compartilhava tanto a rede de esgoto, quanto a rede da instalação elétrica da residência.

A partir da coleta de dados *in loco*, análise de projetos, conversas com os moradores e a análise técnica das patologias presentes no imóvel, em forma de laudo técnico, apontou-se as manifestações patológicas existentes no imóvel, bem como suas causas e soluções diante aos fatos vistoriados.

Levantamento de manifestações patológicas da edificação residencial

No ato da vistoria foi possível constatar de imediato que o imóvel em questão apresenta desconformidades na fachada, onde se observa a existência de trincas localizadas nas quinas da janela do primeiro cômodo, as quais afetam a parte externa e a parte interna da edificação, conforme indicam as Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Trincas na fachada da residência

Fonte: os autores.

Se tratando de um imóvel com pouco tempo de uso, é notório que as trincas existentes são oriundas de possíveis causas da má execução, pois o construtor possivelmente, não executou vergas e contravergas nos vãos das janelas, itens indispensáveis para evitar tais manifestações patológicas. Além disso, devido a fachada do imóvel estar exposta a fatores climáticos constantes, constataram-se alguns sinais de umidade que são provenientes das infiltrações que ocorrem mediante as trincas existentes e, pela falta de impermeabilização correta do revestimento argamassado da fachada. A parte interna da parede da fachada é onde se encontra um dos dormitórios do imóvel, esta é a parte que mostra mais afetada, onde as trincas se apresentam mais espessas e prolongadas, demarcando mais facilmente a umidade.

Essas constatações são consonantes com o exposto por Moraes (1982), que afirma que trincas são um fenômeno patológico para às construções, as quais são denominadas pela ruptura entre as partes de um mesmo elemento ou da união de dois elementos, causando danos diversos a edificação.

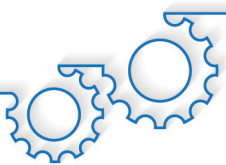



Figura 2 - Trincas na parede do cômodo

Fonte: os autores.

No presente caso, para solução do possível problema eminente, é necessário a verificação da existência vergas e contravergas, através da quebra do revestimento argamassado abaixo e acima da janela, onde será possível constar a existência ou não. Se verificado que não há, será necessário a realização de vergas e contravergas, com comprimento de 20% maior que o vão da janela, para ambos os lados, impedindo que ocorra o surgimento de novas trincas, além da impermeabilização do local e tratamento das fissuras com produto específico. Esse processo se faz por meio da quebra do revestimento argamassado afetado, retirada da janela, realização da verga e contraverga, colocação do contramarco, montagem da janela, chapisco, reboco, impermeabilização, aplicação da massa corrida e por fim pintura, a qual deve ter a mesma tonalidade da já existente.

Além disso, observa-se na Figura 3 que o revestimento cerâmico da residência em diversas áreas, apresenta-se com sinais de umidade e pequenas trincas, além de que em um mesmo ambiente se encontram dois tipos de revestimentos com tonalidades diferentes. Em tal situação, a tomada de decisão é efetuar a troca do revestimento cerâmico que possuir avarias e estiver de tonalidade diferente, substituindo por revestimento de mesma procedência ao já existente, o qual deve ser aplicado, seguindo os procedimentos e orientações da norma NBR – 13753 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996b) além de seguir as orientações pré-estabelecidas pelo fabricante.

Figura 3 - Umidade e trincas no revestimento cerâmico do banheiro. Existência de dois tipos de revestimento diferente em um único ambiente

Fonte: os autores.

Ressalta-se que, na maioria dos casos, o cumprimento das legislações poderia desacelerar consideravelmente a degradação dos imóveis. O cumprimento às normas técnicas é obrigatório, não só diante do Código de Defesa do Consumidor, mas também com a finalidade de orientar os profissionais para o melhor desenvolvimento das práticas, evitando assim, a ocorrência de problemas oriundos de da má execução (FRANÇA *et al*., 2011).

Diante de relatos dos moradores, o chuveiro apresentava problemas sempre que era usado, com o problema se tornando repetitivo logo após a entrega do imóvel. Perante a situação os moradores contrataram um profissional da área, o qual constatou que a espessura da fiação era inadequada para utilização do aparelho. Observa-se que as instalações elétricas do imóvel, não seguem as normas prevista pela NBR 5410:2008 e também a norma específica para instalações de chuveiros NBR 12483:2016 que exige padrões a serem utilizados conforme o modelo e indicações do próprio fabricante (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008; 2016). Na Figura 4, é possível observar a situação que se encontrava a instalação elétrica do chuveiro da residência. Além disso, outra situação observada diante da mesma figura é a má execução das instalações elétricas realizada no imóvel, onde é possível averiguar que tanto a rede de esgoto quanto a instalação elétrica residencial passam pela mesma caixa de inspeção, fator que expõe à instalação elétrica a umidade, acúmulo de resíduos e que proporciona problemas futuros, além de dificultar qualquer manutenção.

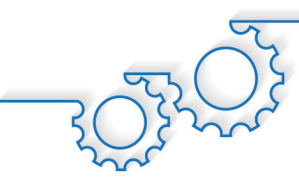



Figura 4 - Fiação inadequada para o uso da instalação. Utilização da mesma passagem da rede de esgoto e instalações elétrica

Fonte: os autores.

Conforme as situações encontradas na residência em estudo, sugere-se, para o fim das desconformidades e defeitos apresentados, a mudança do trajeto da fiação, separando esta do mesmo trajeto da rede de esgoto, a qual deixaria a caixa de inspeção existente somente para a inspeção da rede de esgoto. Diante da instalação do chuveiro já ter passado por reparos, é ideal a revisão de todos os pontos elétricos da residência, de modo a verificar se atendem aos padrões normativos vigentes.

DISCUSSÃO

Análise e discussões sobre os problemas encontrados na edificação

Com base nos estudos de Fiess *et al.* (2004), durante a vistoria, deve-se fazer uma lista dos principais problemas encontrados, buscando por meio de conversas com moradores, análise de projetos e conversa com construtores, entender as possíveis causas das manifestações patológicas. Após o entendimento das causas, a analisa-se quais seriam as melhores soluções de reparo, elaborando-se uma proposta na qual geralmente consta uma ou duas opções de reparo, designando a solução do problema. De acordo com o autor, em verificação aos problemas encontrados na residência em estudo, pode-se atribuir os problemas na edificação quanto às suas causas e origens das falhas, classificadas conforme o referente Quadro 1.

Quadro 1 - Origem e possíveis causas das patologias encontradas no imóvel em estudo

Item	Patologias	Possíveis Causas	Origem da falha
1	Trincas na fachada em decorrência da inexistência de vergas e contravergas.	Falhas na etapa de projeto (sem detalhamento de verga e contraverga) e falha de execução.	Projeto e execução
2	Sinais de umidade e trincas no revestimento do banheiro.	Falhas na execução do rejuntamento e falhas na escolha do revestimento cerâmico, (muito absorvente para áreas úmidas).	Execução
3	Tipos de revestimentos diferentes em um mesmo ambiente.	Falha no assentamento do revestimento.	Execução
4	Fiação inadequada para o uso da instalação.	Falha no dimensionamento da instalação elétrica.	Projeto e Execução
5	Passagem de instalação elétrica e de esgoto em mesma caixa de inspeção.	Falha no dimensionamento do número de caixas de inspeção e uso do mesmo trajeto para duas instalações diferentes.	Projeto e execução

Fonte: os autores (adaptado de FIESS, 2004, p. 3).

Diante da análise dos dados do Quadro 1, conclui-se que os pontos patológicos encontrados na residência em estudo, apresentam-se 70% oriundos da falha de execução e 30% diante de falhas de projeto. Esse percentual demonstra que a maior parte das manifestações patológicas encontrados na vistoria do imóvel, são provenientes de erros de execução, fator esse originário da falta de mão de obra qualificada e acompanhamento de profissional capacitado durante a execução da residência.

Segundo Fiess *et al.* (2004), as falhas de execução são os tipos de serviços que apresentam manifestações patológicas diante da falta de controle, omissão de detalhes em projeto e descumprimento das normas técnicas.

Os problemas patológicos identificados na residência em estudo demonstram a importância do engenheiro civil enquanto perito pois, por meio desse profissional, a verdade dos fatos foi esclarecida, comprovando que as falhas da edificação não são oriundas do uso da edificação e sim da má execução e erros de projeto, sendo esses os fatos que levaram a conclusão final do laudo pericial.

Sendo assim, qualquer construção está sujeita a erros e falhas. Diante de tal situação a busca de um bom profissional capacitado é um dos principais requisitos para evitar problemas futuros, porém até mesmo em bons projetos e excelentes execuções pode-se ocorrer problemas patológicos, por isso a busca pela autenticidade é algo indispensável, pois a investigação dos fatos é o que traz as causas e origem do acontecimento.

CONCLUSÃO

A elaboração do presente trabalho tem por objetivo demonstrar a suma importância da perícia na construção civil, mediante estudos e análise de caso em uma residência térrea que apresentou diversas anomalias, e sua proprietária ajuizou uma ação em desfavor do construtor.

Desta forma, com base na perícia realizada no imóvel, bem como estudos dedicados na área, constatou-se que as anomalias em questão são em sua maioria oriundas da má execução e erros de projeto, bem como a utilização de materiais inadequados, que não ocorreriam se realizados em conformidade com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Ademais, aparição de construções que apresentam anomalias por tais erros de projetos, mão de obra desqualificada e materiais de baixa qualidade tem se tornado corriqueiras, tendo como escopo a demasiada ânsia do mercado da construção civil em buscar a otimização dos processos e a modernização das técnicas de produção, visando somente o lucro, o que consequentemente tem gerado diversos litígios, aumentando a demanda pela perícia investigativa, o que torna a mesa algo indispensável no setor.

Desta forma, a perícia é responsável por demonstrar a origem dos danos e acontecimentos presentes no imóvel e garantir a verdade sobre os fatos, servindo de base para um julgamento justo pelo magistrado.

Ou seja, atua de forma fiscalizadora, apontando através de estudos e análises sobre o imóvel, apresentando um laudo que demonstre diagnóstico e prognóstico, evidenciando a verdade dos fatos, para que desta forma, possa ser apresentado como prova da verdade, e instruir os autos do processo que busca garantir os direitos e deveres das partes.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13752**:1996. Perícias de Engenharia na Construção Civil. Rio de Janeiro: ABNT, 1996a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.753**:1976. Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com a utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1996b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.653-1**:2001. Avaliações de Bens – Parte 1: Procedimentos Gerais. Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**:2008. Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.483**:2016. Chuveiro elétricos – Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

BRASIL. **Lei nº 601**, de 18 de setembro de 1850. Dispõe sobre as terras devolutas do Império. Brasília: Subchefia para Assuntos Jurídicos, 1850. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lim/lim601.htm. Acesso em: 20 jun. 2020.

BRASIL. **Lei nº 13.105**, de 16 de março de 2015. Código de Processo Civil. Brasília: Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2015. Disponível em: http://www. planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13105.htm. Acesso em: 20 jun. 2020.

DEUTSCH, S. F. **Perícia de engenharia: a apuração dos fatos**. São Paulo: Ed. Universitária de Direito, 2011.

FIESS, J. *et al*. Causas da Ocorrência de Manifestações Patológicas em Conjuntos Habitacionais do Estado de São Paulo. *In:* 1ª **Conferência Latino-Americana De Construção Sustentável**. 10º Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, São Paulo, 2004. Disponível em: https://www.academia.edu/37883410/ CAUSAS_DA_OCORRENCIA_DE_MANIFESTA%C3%87%C3%95ES_PATOL%C3%93GICAS_EM_CONJUNTOS_HABITACIONAIS_DO_ESTADO_DE_S%C3%83O_PAULO. Acesso em: 30 abr. 2020.

FRANÇA, A. A. V. *et al.* Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. **Téchne**, v. 19, n. 174, p. 72-77, 2011.

KEMPNER, D. B. **A importância da prova pericial**. Goiânia. 2017. Disponível em: www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/edicao-n5-2013/ a-importancia-da-prova-pericial/. Acesso em: 30 abr. 2020.

MAIA NETO, F. **Roteiro prático de avaliações e perícias judiciais.** Belo Horizonte: Del Rey, 1997.

MORAES, M. B. **Estudo das Trincas em Paredes de Alvenaria Auto-Portante de Tijolos e Blocos de Solo-Cimento.** 1982. 82f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

PELACANI. V. L. **Responsabilidade na Construção Civil.** Curitiba: [s. n.], 2010,

PRESOTTO, M. *et al*. Pericia de Engenharia na Construção Civil – Estudo de Caso**. Revista Técnico – Cientifica do CREA-PR,** 2017. Disponível em: www.creaprw16.creapr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/258. Acesso em: 30 abr. 2020.

TAKAHASHI, N. T. **Perícias de Engenharia em Edifícios, Peritos e Seus Paradigmas e Desafios dos Novos Tempos.** 2002. 197f. Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

Três Pessoas São Iniciadas Pelo Desabamento Do Edifício Andrea Em Fortaleza. **Perícia Forense – PEFOCE**, 2020. Disponível em: www.pefoce. ce.gov.br/2020/01/30/tres-pessoas-sao-indiciadas-pelo-desabamento-do-edificio-andrea-em-fortaleza/. Acesso em: 21 jun. 2020.

DIAGNÓSTICO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANO DA CIDADE DE FLÓRIDA/PR – ESTUDO DE CASO

DIAGNOSIS OF THE URBAN SOLID WASTE MANAGEMENT PLAN IN THE CITY OF FLORIDA/PR – CASE STUDY

Lauise Alves **Ungari**
Lourival Domingos **Zamuner**

RESUMO

A disposição incorreta dos resíduos sólidos pode acarretar prejuízos, tanto para o meio ambiente como para a qualidade de vida da população. Deste modo, este trabalho buscou realizar o diagnóstico do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) da cidade de Flórida/PR. Inicialmente foi feito um levantamento em campo, no que diz respeito as etapas essências de gestão de resíduos sólidos, sendo estas: acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final, assim foi possível constatar que a cidade de Flórida/PR não acata a norma para a correta destinação final dos resíduos sólidos. A partir da Lei Federal 12.305/2010 todos os municípios precisam se adequar para a correta disposição final resíduos sólidos, porem cabe aos munícipes as medidas para se adequarem a este processo, investindo em benefício de reuso, reciclagem, compostagem, minimização de geração de resíduos. E assim consigam proporcionar aos moradores qualidade de vida, tendo em vista que uma destinação inadequada são vetores de doenças. Portanto, o município de Flórida/PR foi escolhido como material de estudo para analisar e avaliar todas as etapas presente nesse processo. Como foi constatado falhas nesta gestão, foi proposto ao município medidas para melhoria.

Palavras-chave: Diagnóstico. Gerenciamento de resíduos sólidos. Resíduos sólidos.

ABSTRACT

The incorrect disposal of solid waste can cause losses, both for the environment and for the quality of life of the population. Thus, this work sought to carry out the diagnosis of the Integrated Solid Waste Management Plan (PGIRS) of the city of Florida / PR. Initially, a field survey was carried out, with regard to the essential stages of solid waste management, which are: packaging, collection, transport, treatment and final disposal, so it was possible to verify that the city of Florida / PR does not comply with the standard for the correct final destination of solid waste. As of Federal Law 12.305 / 2010, all municipalities need to adapt to the correct final disposal of solid waste, but it is up to the citizens to take measures to adapt to this process, investing in the benefit of reuse, recycling, composting, minimizing waste generation. And so they are able to provide residents with quality of life, given that an inappropriate destination is a vector of disease. Therefore, the municipality of Florida / PR was chosen as study material to analyze and evaluate all stages present in this process. As flaws in this management were found, measures for improvement were proposed to the municipality.

Keywords: Diagnosis. Solid waste management. Solid waste.

INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento das cidades e aumento considerável da população no mundo, observa-se uma necessidade maior de gerenciar corretamente os resíduos sólidos urbanos (BARROS, 2012).

A produção de resíduos nas cidades brasileiras é um fenômeno inevitável que ocorre diariamente em quantidades e composições que variam com seu nível de desenvolvimento econômico, com sua população e seus diferentes estratos sociais. Denomina-se lixo os restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis. Normalmente, apresentam-se sob estado sólido, semissólido ou semilíquido ou, seja, com conteúdo líquido insuficiente para que este possa fluir livremente (VILHENA, 2010).

Siqueira e Moraes (2009) afirmam que com o progresso e as crescentes ondas populacionais das cidades, vêm ocasionando o aumento do consumo de produtos de forma acelerada, gerando cada vez mais o aumento de disposição de resíduos em torno de centros urbanos. Desta forma, um novo pensamento sobre a questão dos resíduos sólidos refere-se que estes não devem ser mais tratados como "lixo" e sejam dispensados e lançados longe dos domicílios e indústrias.

Segundo Barros (2012), os termos lixo, dejeto ou resíduo costumam ser usados, indistintamente, para denominar materiais ou produtos cujos proprietários os descartam porque já não lhes interessa ou porque creem que já não possam mais ser úteis, ainda que sejam susceptíveis de aproveitamento. O termo resíduo denota a possibilidade de valorização, enquanto que os termos lixo ou dejeto costumam ser considerados como destinados a disposição final se não houver condições tecnológicas para o seu aproveitamento integral de maneira economicamente viável e tecnologicamente factível.

Pensando assim, Vilhena (2010) define que "lixo e resíduos sólidos são a mesma coisa", entretanto, neste trabalho, preferencialmente, será tratado como sendo resíduo sólido.

Monteiro *et al.* (2011), cita as diversas formas de classificação dos resíduos sólidos, porém, as mais comuns são quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente e quanto à natureza ou origem.

Quanto à origem, a Lei Federal 12.305/2010 estabelece que os resíduos domiciliares são compostos por Resíduos domiciliares que são os originários de atividades domésticas em residências urbanas; os Resíduos de limpeza urbana, os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana; Resíduos sólidos urbanos são os resíduos domiciliares e de limpeza pública; Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, são aqueles gerados nessas atividades (exceto resíduos de limpeza urbana, resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, resíduos dos serviços da saúde – RSS, resíduos da construção civil - RCC e resíduos dos serviços de transporte); os Resíduos de serviços da saúde são os gerados nos serviços da saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA e do Serviço Nacional de Vigilância Sanitária; os Resíduos da construção civil são os gerados na construção, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil incluindo os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis, muito comum nas cidades brasileiras, dentre outros.

Com relação a periculosidade dos resíduos, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, por meio da NBR 10.004:2004, estabelece os seguintes critérios para a classificação dos resíduos: Os Resíduos classe I – Perigosos; Resíduos classe II – não perigosos; subdivididos em: Resíduos Classe II A – Não inertes e Resíduos Classe II B – Inertes.

No entanto, para sabermos se um resíduo é perigoso ou não perigoso (inerte ou não-inerte) é necessário procedermos alguns ensaios físico-químicos, como visto abaixo: Para os resíduos classe I – Perigosos – esses ensaios devem determinar se o resíduo tem características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Os resíduos classe II B – considerados inertes, são quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada, à temperatura ambiente não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. Já os resíduos da classe II A – não inertes, podem ter propriedades tais como: biodegrabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. No caso de classificação de um resíduo industrial, e se este for composto por várias substâncias, é necessário proceder os ensaios de acordo com as Normas Brasileiras.

Dentre os resíduos perigosos, destacar os mais perigosos, como sendo os Resíduos classe I – perigosos: lâmpadas fluorescentes, pilhas, baterias, latas de tintas, latas de solventes, resíduos químicos; os Resíduos classe II A – Não Inertes: papel, metal, plástico, resíduos orgânicos e, por fim, os Resíduos classe II B – Inertes: tijolos, resíduos cerâmicos, madeira sem pintura.

Os resíduos, de maneira geral, são conceituados na literatura como todo e qualquer material resultante da atividade diária da sociedade humana, e considerado pelo gerador, como inútil, indesejável ou descartável (ERTHAL NETO, 2006).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (BRASIL, 2010) define resíduos sólidos como: “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”

Philippi Junior (2005) reafirma que os resíduos sólidos são gerados nas atividades urbanas, e estes são de origem residencial, comercial e pública. No entanto, a grande questão destes resíduos é que, a população equivocadamente, acredita que por estes não conterem contaminantes químicos perigosos, causam baixo impacto ambiental, contudo se estes forem manejados de forma inadequada e depositados em locais inadequados acabam por causar graves problemas de saúde pública, além do impacto ambiental.

Dispostos inadequadamente, estes resíduos sólidos podem contaminar os recursos naturais, assumindo proporções agravantes frente à falta de área para deposição dos rejeitos e seu alto potencial de contaminação do meio ambiente (BRASIL, 2005).

No que cabe ao gerenciamento destes resíduos sólidos, a Lei Federal 12.305/2010, descreve como sendo: “conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei”.

Já Castilhos Junior *et al.* (2003) acrescentam que no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos integrados, devem abranger etapas articuladas entre si, desde a não geração até a disposição final, com atividades compatíveis com as dos demais sistemas do saneamento ambiental, sendo essencial a participação ativa e cooperativa do primeiro, segundo e terceiro setor (governo, iniciativa privada e sociedade civil organizada, respectivamente).

O gerenciamento correto dos resíduos sólidos significa não só controlar e diminuir os riscos, mas também alcançar a minimização de resíduos desde o ponto de origem, que elevaria também a qualidade e a eficiência dos serviços que proporciona o estabelecimento de saúde. Um sistema de manejo organizado desses resíduos, tanto interna como externamente aos estabelecimentos de saúde, permitirá controlar e reduzir os riscos à saúde associados aos resíduos sólidos (VILHENA, 2010).

Contudo, os municípios possuem grandes dificuldades para gerenciamentos destes resíduos, e um dos caminhos mais apontados para tornar viável a coleta, transporte e destinação ambientalmente correta dos resíduos municipais, principalmente em pequenos municípios, tem sido a formação de consórcios intermunicipais de resíduos sólidos, e esta tem sido a solução incentivada pela Lei Federal 12.305/2010.

Quanto a importância do acondicionamento correto dos resíduos e como deve ser realizada a coleta e transporte dos mesmos, Monteiro *et al.* (2011) orienta que "acondicionar os resíduos sólidos domiciliares significa prepará-los para a coleta de forma sanitariamente adequada, como ainda compatível com o tipo e a quantidade de resíduos".

O acondicionamento adequado dos resíduos na origem possibilita controlar os riscos impostos à saúde e facilitar as operações de coleta, armazenamento externo e transporte, sem prejudicar as operações normais das atividades do estabelecimento. O sistema de coleta e transporte planejado e os diversos serviços de limpeza complementares devem ser feitos com qualidade e produtividade, a mínimo custo. Para o acondicionamento adequado dos resíduos deve-se ter embalagens que apresentem bom desempenho para que atendam a requisitos de acondicionamento local e estático destes resíduos. Os coletores estacionários e de varrição de rua devem ter seu desempenho mecânico verificado conforme a vida útil desejada ou com base em normas internacionais que levem em consideração a reutilização (VILHENA, 2010).

A coleta consiste em transferir os resíduos de forma segura e rápida das fontes de geração até o local destinado para seu armazenamento temporário. Dentro do estabelecimento, essa coleta compreende duas etapas: a interna e a externa. A coleta interna é aquela realizada dentro da unidade, que consiste no recolhimento do resíduo das lixeiras ou receptáculos, no fechamento do saco, quando for o caso, e no seu transporte até um ponto de acumulação ou sala de resíduo apropriado. A coleta externa consiste no recolhimento do resíduo armazenado nos pontos de acumulação internos e o seu transporte até o local definido para armazenamento externo, a partir do qual os resíduos terão tratamento prévio ou serão diretamente apresentados à coleta municipal. Para a coleta devem ser claramente definidos horários, pessoal, procedimentos, equipamentos e rotas para que esta atividade seja conduzida sem interferir com o cotidiano da instalação (VILHENA, 2010)

O transporte é a etapa que complementa a coleta, e se dá fundamentalmente entre o ponto do término desta coleta até as estações de transbordo ou as unidades de tratamento ou de destinação final. A escolha dos tipos de veículos a serem empregados baseia-se em considerações de ordem técnico-econômica e sanitária, antevendo-se as necessidades de pessoal e de recursos parta manutenção dos veículos. Definidos os tipos e as quantidades de equipamentos, a frota deverá ser objeto de cuidados regulares de manutenção, garantindo seu bom funcionamento (BARROS, 2012).

Para exemplificar, de acordo com Barros (2012), coleta entende-se por atividade de reunir os resíduos que já estão embalados, citado acima como acondicionamento. Já o transporte diz respeito à condução desses resíduos sólidos que já foram coletados, e na sequência, serem transportados até a disposição final.

A NBR 12.980:1993 determina que o poder municipal seja responsável pela administração dos serviços de limpeza pública e coleta dos resíduos assumindo a execução total ou parcial dos serviços, inclusive da frota de veículos, dos equipamentos e do pessoal necessário para exercerem tal função.

Quanto a destinação final do lixo, encontra-se alternativas ecológicas de formas de tratamento do resíduo, sendo que essa fase passa pelo processo de reciclagem, compostagem e incineração.

Segundo a Companhia Paranaense de Energia (2020), a reciclagem é o processo no qual os resíduos sofrem transformações para virarem insumos, os quais podem retornar à cadeia produtiva, sendo utilizados como matéria-prima na fabricação de outros produtos. A reciclagem propriamente dita é o processamento de resíduos para serem usados como matéria-prima na manufatura de bens, feitos anteriormente apenas com matéria-prima virgem como papel, plástico, metal e vidro.

Neste sentido, Monteiro (2011) orienta a importância do tratamento prestado pela própria população quando a mesma está dedicada em diminuir a quantidade de resíduo, evitando assim, desperdício, reaproveitando os materiais, separando os recicláveis em suas residências e se desfazendo dos mesmos que produz de maneira correta.

Vilhena (2010) trata incineração como sendo a queima dos resíduos a temperaturas acima de 800ºC, transformando os resíduos em calor e cinzas.

Segundo a Companhia Paranaense de Energia (2020), diz que incineração, é a fase do processo de destruição térmica do resíduo que promove a redução de peso, volume e características de periculosidade, com a consequente eliminação da matéria orgânica, e características de patogenicidade, através da combustão controlada.

Para a NBR 11.175:1990 conceitua-se incineração como sendo "o processo de oxidação à alta temperatura que destrói ou reduz o volume ou recupera materiais ou substâncias".

Esse sistema é interessante porque esteriliza os resíduos sólidos, diminui a massa e o volume dos mesmos, gera energia devido ao calor e não necessita de um grande espaço físico para execução. No entanto, alguns aspectos econômicos e ambientais devem ser observados para essa forma de incineração, tais como: investimento, presença e resíduos perigosos e lançamentos de compostos orgânicos perigosos na atmosfera.

A compostagem é o processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de origem vegetal e animal. Basicamente, estes materiais são submetidos à decomposição biológica com ou sem oxigênio, e se transformam em um material chamado de composto, utilizado como adubo nas plantações e este composto leva em torno de 90 dias para ficar acessível para utilização (COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA, 2020).

Barros (2012) aponta que por este método é possível obter um produto proveitoso, um condicionador orgânico denominado composto, embora seja de forma imprópria chamado de "fertilizante". Este produto é obtido por meio de processos físicos, químicos e biológicos, que contribui na diminuição de matéria orgânica que seria descartada ao meio ambiente de maneira incorreta.

Nos municípios de pequena área territorial, é muito comum, ainda, o descarte dos resíduos sólidos a céu aberto, os chamados lixões. Monteiro *et al.* (2011), denomina esses montões de restos (lixões), como uma maneira desapropriada para o descarte dos resíduos, devido a repercussão negativa ao meio ambiente, apontando assim os aterros sanitários como método correto para o descarte destes resíduos.

Seguindo o pensamento do mesmo autor, esses "lixões" trata-se de uma área a céu aberto no qual os resíduos sem tratamento são depositados ou descarregados, originários de: residências, comércios, fábricas, hospitais, entre outros. Nestas áreas podem existir pessoas que se utilizam dos restos alimentícios e outros resíduos como forma de sobrevivência, podendo os mesmos residirem no entorno destes locais de depósito de resíduos

Neste contexto, os aterros sanitários são definidos pela NBR 8419:1992 como sendo: "técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário", ou seja, é a forma mais correta de dispor os resíduos coletados.

Outra alternativa para disposição final do resíduo, é o chamado aterro controlado. Neste sentido, Vilhena (2010), aponta como sendo uma opção mais adequada que os lixões, porém não tão eficaz quanto aos aterros sanitários. Os aterros controlados comprometem a qualidade das águas subterrâneas por não ter impermeabilização na base, tampouco tratamento do chorume, material este obtido por meio da dissolução do resíduo em contato com as águas das chuvas que percorre pelo aterro.

De acordo com Monteiro *et al*. (2011), a principal diferença entre um aterro sanitário e um aterro controlado é que, no segundo não se executa a coleta e tratamento do chorume, ficando este liquido retido no interior do aterro podendo assim provocar, a poluição do solo e das águas, e por isso, recomenda-se que o lençol freático seja profundo na área de implantação do aterro.

Sendo assim, o presente artigo trata de um diagnóstico do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) do município de Flórida/PR, situado na região norte do Estado do Paraná, e segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2017), possui a população de 2.697 habitantes, perfazendo a área de 83,046 km², o qual possui em seu banco de dados o PGIRS do município.

ESTUDO DE CASO

Foi realizado um diagnóstico do PGIRS em vigência no município de Flórida/PR e, desta forma, será necessário a apropriação de embasamentos teóricos em levantamentos bibliográficos, de fontes já existentes, para melhor analise do plano de gerenciamento do município. Na sequência, foi realizado levantamento das informações existentes na Prefeitura Municipal de Flórida - PR, com vista ao diagnóstico do PGIRS, formulado em 2008.

Como forma de cumprimento à Lei, foi diagnosticado se as etapas iniciais estão tendo sua devida gestão no que se refere ao acondicionamento, coleta e transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos.

O município de Flórida/PR possui este PGIRS (PGIRS, 2008) e o mesmo é um documento técnico tendo como objetivo de identificar e orientar as diretrizes da gestão dos resíduos sólidos urbanos no município, indicando as formas ambientalmente corretas para o manejo, nas etapas de geração, acondicionamento, transporte, transbordo, tratamento, reciclagem, destinação e disposição final. Além da administração integrada dos resíduos, o PGIRS tem como base a redução dos resíduos gerados no município.

O serviço de coleta atende 100% da área urbana incluindo a área rural, com dados fornecidos pela Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Flórida.

O PGIRS sugere que sejam realizadas também ações educativas de cunho ambiental aos moradores rurais quanto a destinação adequada dos resíduos, evitando a queima dos mesmos, por exemplo, e que quando, por algum motivo, se dirigirem até área urbana, que façam o encaminhamento correto destes resíduos. No entanto, quando realizamos visitas expeditas em alguns pontos da zona rural, não foi possível observar tais atitudes de conscientização por parte destes moradores, mostrando a prática muito comum dos mesmos que é ainda a queima, o que segundo a Lei Federal 12.305/2010, é uma forma imprópria para disposição final dos resíduos.

De acordo com Vesiling e Morgan (2015), que orienta sobre a melhor forma de coletar os resíduos, observamos que a coleta de resíduos nesta cidade é realizada por caminhão enfardador com auxílio de duas ou três pessoas, sendo um deles o motorista e os outros dois são os coletores, sendo os responsáveis por recolher os resíduos das residências e depositar dentro do caminhão para serem transportados até local próprio para descarte, ou seja, o aterro.

Quanto ao acondicionamento dos resíduos encontramos recipientes inadequados ou improvisados (pouco resistentes, mal fechados ou muito pesados), construídos com materiais sem a devida proteção, aumentando o risco de acidentes de trabalho, que segundo a ANVISA (2018), o acondicionamento consiste no ato de embalar os resíduos segregados, em sacos ou recipientes e essa capacidade dos recipientes de acondicionamento deve ser compatível com a geração diária de cada tipo de resíduo. Um acondicionamento inadequado compromete a segurança do processo e o encarece.

Ainda, por visitas expeditas aos pontos de coleta dos resíduos, observamos que o acondicionamento não é feito de forma correta, como pode ser visto pela Figura 1.

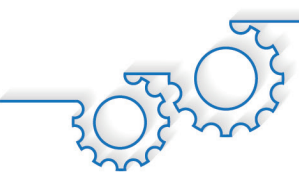



Figura 1 - Acondicionamento dos resíduos

Fonte: os autores.

Quanto a coleta e destinação final dos resíduos coletados na cidade foi observado o uso de caminhões compactadores. No entanto, o município de Flórida é de pequeno porte, e o mesmo possui apenas dois caminhões para realização dos serviços, sendo um para coleta do resíduo e outro para reciclagem.

A coleta dos resíduos é feita com rotas esquematizadas na cidade, sendo destinados os dias de segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira para a coleta de resíduo, e terça-feira e quinta-feira para a coleta do reciclável, incluindo aqui a área rural também.

Quanto a coleta dos resíduos hospitalares observou-se que não é de responsabilidade do poder Municipal, portanto, e para o correto manejo destes resíduos da saúde, o município terceiriza este serviço que inclui transporte, tratamento e destinação final, em atendimento a Resolução CONAMA Nº 358/2005, a qual dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde, em concordância com a Lei Federal 12.305/2010, a qual delega a obrigatoriedade de formularem um próprio plano de gerenciamento a estes resíduos (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005).

Já os resíduos recicláveis são separados no centro de triagem localizado no mesmo local que está localizado o aterro. Quanto a coleta seletiva, acondicionamento e destinação final observou-se que são os próprios funcionários da Prefeitura Municipal quem fazem, auxiliados por coletores ditos informais (garis), os quais fazem suas próprias coletas e vendem materiais coletados as cooperativas de recicláveis. Os serviços destes trabalhadores se tornam mais eficaz quando há a contribuição da população, assim como aponta Barros (2012), em que os "resíduos devem ser coletados quando feito acondicionamento correto, ou seja, separados adequadamente". A Figura 2 mostra a reciclagem sendo executada na cidade de Flórida/Pr., e nas Figuras 3 e 4 o Aterro Controlado existente.

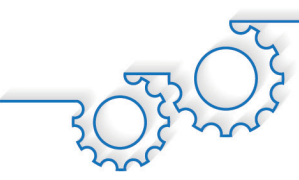



Figura 2 - Barracão de reciclagem da cidade de Flórida/PR

Fonte: os autores.

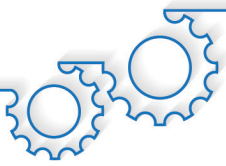



Figura 3 - Vala do Aterro Controlado no município de Flórida-PR

Fonte: os autores.

Figura 4 - Aterro controlado existente no município de Flórida-PR

Fonte: os autores.

Quanto os Resíduos da Construção Civil e Demolição – RCC, a coleta e transferência destes resíduos são executadas pela Prefeitura Municipal. Observou-se que a destinação atual destes resíduos se dá em cavas de erosões provocadas por escoamento superficial de chuvas localizadas na área de disposição de resíduos sólidos urbanos.

Quanto à destinação final dos resíduos sólidos urbanos, o município conta com um aterro controlado para este fim, entretanto, esta área recebe todo o tipo de resíduos domésticos, inclusive material reciclável não segregado.

Os resíduos orgânicos coletados são descarregados aleatoriamente no aterro controlado existente pelos caminhões compactadores, para não formar leiras de difícil compactação, mas a cada duas ou três vezes por semana, os mesmos são compactados, acomodados e aterrados por frações de solo por tratores de esteiras do município. No entanto, como visto por Vesilind e Morgan (2015), "um aterro sanitário deve ter ao final de toda atividade a compactação dos resíduos, além de serem aterrados e, ainda, este local deve ser devidamente forrado com uma manta geotérmica".

CONCLUSÃO

Com base no diagnostico efetuado, foi possível constatar que o município de Flórida/PR, com referência as etapas essenciais de gerenciamento dos resíduos sólidos no que diz respeito ao acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final, de modo geral não atingiu resultados satisfatórios quando comparados com o PGIRS aprovado para o município.

Durante a execução deste trabalho, notamos a necessidade de se introduzir junto aos munícipes, ações de educação ambiental para que os mesmos realizem o acondicionamento correto dos resíduos sólidos produzidos como forma e parte integrante do processo, pois em visita ao aterro do município, foi possível averiguar que os resíduos sólidos não estavam sendo corretamente acondicionados e, desta forma, não havendo contribuição para coleta seletiva, dificultando os serviços dos trabalhadores.

Os serviços de coleta e transporte ocorre como está exposto no PGIRS, quando se refere ao número de coletores, motoristas e rotas em que atendem, porém, faz-se necessário um caminhão reserva, e o município ainda não possui o mesmo.

Notamos ainda a importância de melhorar a etapa de disposição final dos resíduos, pois não está atendendo quesitos em prol da preservação do meio ambiente, consequentemente, não garantindo condições de trabalho seguras aos funcionários do poder municipal neste local.

Quanto a destinação final no aterro controlado dos resíduos sólidos coletados, sugerimos que os mesmos sejam dispostos em camadas e não aleatoriamente, e ainda, que o município implante ações no processo de recebimento e destinação final dos resíduos, adotando, como por exemplo, o reuso dos materiais por meio de reciclagem e compostagem dos resíduos orgânicos, atendendo a Norma Técnica de disposição dos RS, e com isso não trazendo prejuízos ao meio ambiente e, também, aos trabalhadores deste local.

Desta forma, considerando os resultados obtidos, sugerimos algumas medidas mitigadoras no que diz respeito a: para que as etapas de gerenciamento dos resíduos ocorram de forma satisfatória sejam realizadas algumas campanhas de conscientização junto a população do município, incentivando-os a procederem acondicionamento correto dos resíduos sólidos produzidos em suas residências e que o município implante um aterro sanitário como forma de mitigar os impactos ambientais no solo e na água.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução da diretoria colegiada: RDC Nº 222, de 28 de março de 2018.** Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/3427425/RDC_222_2018_.pdf/c5d3081d-b331-4626-8448-c9aa426ec410. Acesso em: 2 jul. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11175**:1990 – Incineração de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419:**1992 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT,1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12980**:1993 – Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**:2004 – Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BARROS, R. T. V. **Elementos de gestão de resíduos sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012.

BRASIL. **Consumo sustentável: manual de educação**. Brasília: Consumers International, 2005.

BRASIL. Presidência da República. **Lei Federal 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Brasília: Presidência da República, 2010. Disponível em: http://www. planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 6 de abril de 2020.

CASTILHOS JUNIOR, A. B. *et al*. **Resíduos sólidos urbanos: Aterro sustentável para municípios de pequeno porte.** Rio de Janeiro: ABES, 2003.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Manual para gerenciamento de resíduos sólidos.** 2020. Disponível em: https://www.copel.com/hpcopel/root/ sitearquivos2.nsf/arquivos/manual_gerenciamento_residuos_solidos/$FILE/Manual%20para%20Gerenciamento%20de%20Res%C3%ADduos%20v1.88.pdf. Acesso em: 9 abr. 2020.

ERTHAL NETO, E. L. E. **Destinação final dos resíduos sólidos urbanos no estado do Rio de Janeiro e a aplicação dos instrumentos de regulamentação e controle ambiental: uma abordagem crítica**. 2006. 113p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz. Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2006.

FLÓRIDA (Município). **Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PGIRS).** Flórida: PMF, 2008.

MONTEIRO, J. H. P. *et al.* **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2011.

PHILIPPI JÚNIOR, A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** Barueri, SP: Manole, 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 358/2005**. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. 2005. Disponível em: http://www2. mma.gov.br/port/conama/ legiabre.cfm?codlegi=462. Acesso em: 2 ago. 2019.

SIQUEIRA, M. M.; MORAES, S. M. Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixos**. Ciência & Saúde Coletiva**, v. 14, n. 6, p. 2115-2122, 2009. Disponível em:http://dx.doi.org/10.1590/S1413812320090006000l8. Acesso em: 9 abr. 2020.

VESILING A. P.; MORGAN, M. S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

VILHENA, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: Cempre, 2010.

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO ADITIVO PLASTIFICANTE NA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO CONCRETO

ANALYSE OF THE INFLUENCE OF THE PLASTICING ADDITIVE ON THE MECHANICAL STRENGTH OF THE CONCRETE

Leandro Correia **Sturion**
Romulo Menck **Romanichen**
Lourival Domingos **Zamuner**

RESUMO

Sabemos que a engenharia vem buscando alcançar cada vez mais tecnologias e inovações na construção civil, sendo o concreto uma das principais prioridades na área da construção civil, este trabalho tem como finalidade a utilização da aplicação do aditivo plastificante redutor de água à base de ácido lignosulfônico na resistência mecânica do concreto no momento que dosado pelo método ABCP, esse estudo classifica a mistura do aditivo nos teores de 0,5; 0,75 e 1% em cima da massa de aglomerante (cimento).O aditivo plastificante é baseado em uma cadeia de éter policarboxílico modificado que atua como dispersante do material cimentício, propiciando super plastificação, alta redução água e aumento na resistência mecânica do concreto. Ou seja, desse modo foi capaz de verificar de que conforme aumenta a quantidade de aditivo adicionada no concreto à relação a/c diminui e por conseqüência acontece um ganho de resistência mecânica do concreto no estado endurecido.

Palavras-chave: Aditivo Plastificante. Concreto. Dosagem ABCP.

ABSTRACT

Realizing that engineering has been seeking to achieve more and more technologies and innovations in civil construction, with concrete being one of the man priorities in the area of civil construction, this work aims to use the application of water-reducing plasticizer additive based on lignosulfonic acid in the mechanical strength of the concrete at the moment it was dosed, by the ABCP method, this study classifies the mixture of the additive in the levels of 0.5%, 0.75% and 1% on top of the binder (cement) mass. The plasticizer additive is based on a modified polycarboxylic ether chain that acts as a dispersant for the cementitious material, providing super plasticization, high water reduction and an increase in the mechanical strength of the concrete. In other words, in this way he was able to verify that as the amount of additive added to the concrete increases to the dependent a/c ratio and consequently there is a gain in the mechanical strength of the concrete in the hardened state.

Keywords: ABCP Dosage. Concrete. Plasticizer Additive.

INTRODUÇÃO

O aumento na evolução das tecnologias utilizadas na construção civil é representado pelo grande número de estudos realizados a melhorar o desempenho dos materiais utilizados, sendo eles cimento, areia, brita água e aditivo. O concreto se torna assim um material simples e eficaz, devido à simplicidade de sua composição, baixo custo e forma acessível de obtenção de seus componentes, possibilitando adicionar em sua massa, com intenção experimental, inúmeros materiais.

O consumo de cimento tem aumentado ao longo dos anos devido a sua vasta aplicação na construção civil, principalmente como aglomerante no concreto, assim diversos pesquisadores tem buscado desenvolver novas tecnologias em relação aos concretos. O concreto por ser um material de base mineral possui uma cadeia de produção que acaba por causar diversos impactos ao ambiente, fato este que corrobora para a busca continua no desenvolvimento de novas técnicas na produção do material (INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO, 2009).

As indispensáveis características do concreto são: trabalhabilidade quando fresco, resistência mecânica e durabilidade, quando endurecido. O alcance de uma massa de concreto que cumpra tais características só é possível a partir de um apropriado equacionamento dos componentes e da consideração da influência que cada um desses componentes tem sobre a mistura, e nesse cenário que se aplica a dosagem do concreto (NEVILLE; BROOKS, 2013).

Quando da sua formação, muitas características físicas influenciam a trabalhabilidade, como: o atrito interno entre os diversos componentes sólidos. O aumento da água na mistura melhora a trabalhabilidade, no entanto, não mantém a homogeneidade do concreto e pode causar perda da resistência mecânica, assim torna-se interessante a utilização de aditivos (MARTIM, 2005).

Todavia, os aditivos plastificantes são manuseados de inúmeras maneiras no concreto, podendo serem empregados para diferentes funções, como melhorar a trabalhabilidade e aumentar a resistência, reduzindo a quantidade de cimento consumida (HARTMANN, 2002).

As dosagens são feitas com o objetivo a atender parâmetros estabelecidos em projetos, gerar estruturas mais resistentes a ações temporais e climáticas, suportar maiores carregamentos, contribuir na aplicação e transporte, entre outras características que são capazes de serem alcançadas com o uso de aditivos e adições. Sendo assim, deve ser feito um traço que atenda tais características para determinada aplicação (HELENE; TUTIKIAN, 2012).

O lignosulfonato (LS), aditivo polifuncional ou redutor de água, em geral retrata uma boa manutenção a que diz respeito à trabalhabilidade, contudo há diferenças nessa manutenção entre os tipos de LS à disposição no mercado. Esses aditivos são os mais utilizados na dosagem do concreto, visto que para um possível abatimento, usando grandes dosagens de polifuncionais, conseguem menores teores de água sem perder o tempo de pega (FRACALOSSI, 2011).

A finalidade básica dos LS no concreto é dispersar as partículas coloidais, pois suas moléculas ligam as partículas existentes em suspensão, produzindo cargas negativas, ocasionando um efeito repulsivo entre as partículas. Camadas de moléculas de água dipolares circundam as partículas hidrofóbicas de cimento, e como resultado evita a sua floculação e um sistema com boa dispersão é obtido. Todo esse processo influencia as propriedades do concreto, tanto no estado fresco como no endurecido (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) embasada no método empírico do *American Concrete Institute* (ACI), gerou adaptações para possibilitar ajustes de misturas experimentais a partir de um traço, e essa adaptação passou a ser conhecida como método ABCP/ACI. Constituindo quadros, tabelas e características dos materiais são possíveis verificar relações a fim de dosar corretamente os componentes da mistura. A quantidade de água para atingir determinada consistência, por exemplo, é fornecida por uma tabela que relaciona a dimensão máxima característica do agregado com um intervalo desejável de valor de abatimento.

No método de dosagem ABCP/ACI não utiliza o uso de aditivo plastificante ou super plastificante, havendo assim a necessidade de fazer estudos com o uso destes a fim de obter conhecimentos de sua influência na mistura do concreto, sendo eles: trabalhabilidade, resistência mecânica e consumo de água.

O objetivo deste trabalho foi de avaliar a resistência final a compressão do concreto aos 28 dias, segundo a NBR 5739:2018 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS,2018), fazendo uso de diferentes teores de aditivo plastificante redutor de água a base de ácido lignosulfônico nas respectivas resistências mecânicas do concreto nas idades de 3, 7 e 28 dias.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a execução do experimento foi usado:

- Cimento Portland CP II-Z-32, por ser encontrado com mais facilidade na região de Maringá;
- Areia, proveniente de extração fluvial na região;
- Brita 1, proveniente de basalto;
- Água, disponível da rede de abastecimento do laboratório da UNINGÁ;
- Aditivo plastificante redutor de água GLENIUM-51.

Para a realização nesse trabalho, os materiais foram caracterizados utilizando os equipamentos disponíveis no laboratório de materiais da UNINGÁ e seguindo as normatizações especificadas para cada material, e em laboratório os seguintes ensaios: granulometria do agregado miúdo, granulometria do agregado graúdo, massa específica da areia, massa específica da brita, abatimento do tronco de cone (*Slump Test*) e resistência à compressão.

O agregado miúdo passou pelo processo de granulometria para determinar seu módulo de finura e seu diâmetro máximo característico conforme a NBR NM 248:2003 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003). Para início do procedimento foi estabelecido 1000 g de areia passando pelas peneiras sendo vibradas continuamente por 5 minutos para que possa ocorrer a separação correta dos diversos tamanhos de grãos. No caso da areia, foram usadas as seguintes peneiras (mm): 9,5; 4,75; 2,36; 1,18; 0,6; 0,3 ;0,15 e fundo.

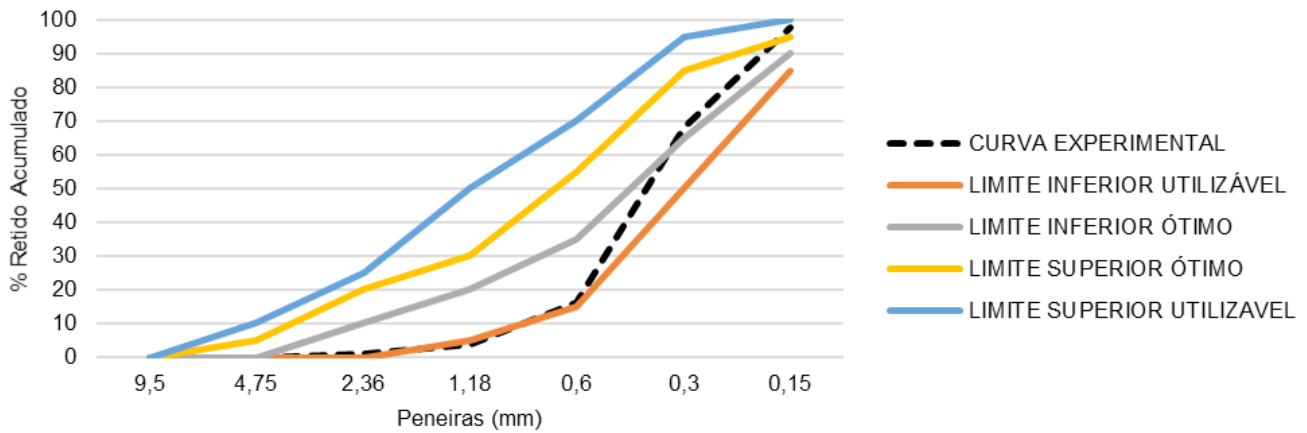
No fim do ensaio, com todo o material retido em cada peneira, fez-se assim os respectivos cálculos, como o de material retido e retido acumulado (Tabela 1).

Tabela 1 - Granulometria do agregado miúdo

AREIA			
Peneiras (mm)	**Material retido (g)**	**Retido**	**% de material retido acumulado**
9,5	0	0	0
4,75	1,92	0	0
2,36	6,48	0,65	0,84
1,18	30,62	3,06	3,91
0,6	122,23	12,23	16,14
0,3	519,73	52,02	68,16
0,15	296,85	19,71	97,87
Fundos	21,27	2,13	100,00
Σ	999,09		187,11
Módulo de Finura			1,87
Diâmetro Máximo Característico			1,18 mm
Módulo de Finura			1,87 mm

Fonte: os autores.

A granulometria da areia é importante para o conhecimento dos valores de diâmetro máximo característico que foi de 1,18 mm e o módulo de finura de 1,87 mm (Figura 1).

Figura 1 - Curva granulométrica da areia

Fonte: os autores.

De acordo com a NBR 7211:2009, a areia utilizada permanecendo próxima ao limite inferior utilizável, pode ser considerada como areia fina (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009a).

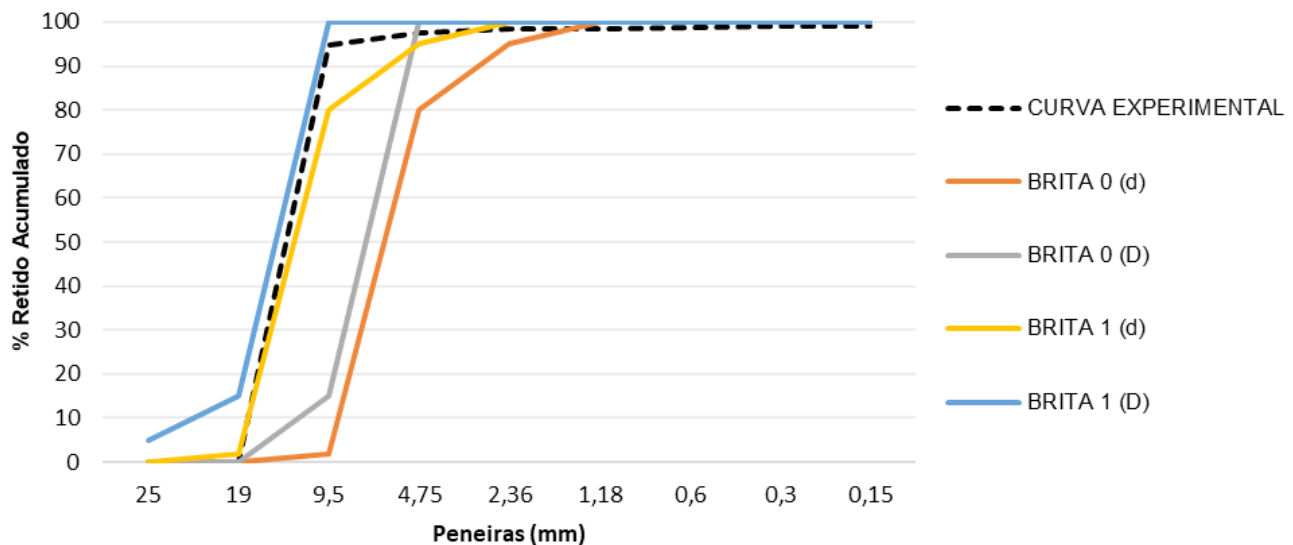
O agregado graúdo passou pelo processo de granulometria para determinar seu módulo de finura e seu diâmetro máximo característico conforme a NBR NM 248:2003. Para início do procedimento foi estabelecido 5000 g de brita passando pelas peneiras sendo vibradas continuamente por 5 minutos para que possa ocorrer a separação correta dos diversos tamanhos de britas. No caso da areia, foram usadas as seguintes peneiras (mm): 19; 9,5; 4,75; 2,36; 1,18; 0,6; 0,3 ;0,15; fundo (Tabela 2).

Tabela 2 - Granulometria do agregado graúdo

Brita			
Peneiras (mm)	**Material retido (g)**	**Retido**	**% de material retido acumulado**
19	0	0	0
9,5	4731,02	94,70	94,70
4,75	143,1	2,86	97,56
2,36	36,91	0,74	98,30
1,18	11,01	0,22	98,52
0,6	8,6	0,17	98,69
0,3	13	0,26	98,95
0,15	12,24	0,25	99,20
Fundos	39,99	0,80	100,00
Σ	4995,87		685,93
Módulo de Finura			6,86
Diâmetro Máx. Característico			19 mm
Módulo de Finura			6,86 mm

Fonte: os autores.

Na granulometria da brita, verificou-se que o diâmetro máximo característico foi de 19 mm e o módulo de finura de 6,86 mm e de acordo com os limites da curva granulométrica da NBR 7211:2009, podemos afirmar que a brita utilizada é classificada como brita 1 conforme a Figura 2.

Figura 2 - Curva granulométrica da brita

Nota: *(d) é a menor e (D) é a maior dimensão do agregado.
Fonte: os autores.

Após a obtenção da granulometria dos agregados, foi realizada a determinação da massa específica da areia baseada na NBR NM 52:2009 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009b). Adiciona-se ao recipiente Picnômetro as amostras de areia, em seguida adiciona-se água até que sejam preenchidos todos os vazios existentes. Em seguida foi feita a pesagem do picnômetro contendo a areia e a água, tendo esse peso em mãos foi feita a retirada da água e da areia do recipiente, para que no passo seguinte fosse feita a pesagem do picnômetro contendo apenas a água, aferindo assim a temperatura da água contida no recipiente, repetindo assim o mesmo método para as três amostras. Para que no final com os três valores obtidos possa ser realizada uma média da massa específica do agregado.

E o ensaio da massa específica da brita foi feita a partir das normatizações da NBR NM 53:2009 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009c). De início foram coletadas amostras de agregados graúdos e inseridos na água por um período de 24h. Após isso, retiram-se três amostras e sobre elas envolve-se um pano absorvente de água. Em seguida foi realizada a pesagem das amostras, sendo que a massa obtida é referente à massa saturada superfície seca. Após isso, as amostras foram inseridas em um recipiente vazado e submersas em um local com maior quantidade de água, havendo um contato entre a água e a brita.

Nessas circunstâncias, as três amostras de brita foram pesadas novamente, sendo esta diferente da anterior, sendo por meio de um cabo amarrado no recipiente vazado e acoplado na parte inferior da balança hidrostática, para que a amostra não toque no fundo do recipiente contendo água, obtendo assim o peso da amostra correspondente a massa imersa. E por fim, foram colocadas as três amostras na estufa por um período de 24 h e em seguida realizadas as pesagens das amostras em estado fresco, obtendo os resultados correspondentes a massa seca do agregado graúdo.

Com esses ensaios realizados e todos os valores obtidos, foi possível a definição do traço referência, no qual a relação A/C foi definida com a ajuda do ensaio de consistência "*Slump Test*", o qual teve seu valor adotado de 100±10mm com o objetivo de obter maior exatidão, com o resultado expresso na proporção de cimento: areia: brita e água, servindo como referência a qual serão acrescentados três teores (0,5%, 0,75% e 1,00%) de aditivo plastificante redutor de água a fim de reduzir a relação de a/c mantendo sua resistência elevada. A Tabela 3 traz o traço referência.

Tabela 3 - Definição do traço referência

Traço	Cimento	Areia	Brita	Teor de argamassa
Referência	1	1,51	2,38	47,00%

Fonte: os autores.

Foi estabelecida a obtenção de corpos de prova por idade e rompimento aos (3, 7 e 28 dias) segundo a NBR 5738:2015 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b) do traço executado. Na sequência, foi determinada a quantidade de material para o traço, fixando a quantidade de concreto em 15 dm³, considerando que essa é a medida para uma betoneira pequena de concreto (250 litros), e o aditivo foi determinado baseado na quantidade de aglomerante (cimento), alcançando assim as quantidades de materiais, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Consumo de material do traço

Traço	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Aditivo (g)
1;1,51;2,38	6,30	8,00	15,00	0,0
	6,30	8,00	15,00	31,5
	6,30	8,00	15,00	47,25
	6,30	8,00	15,00	63,00

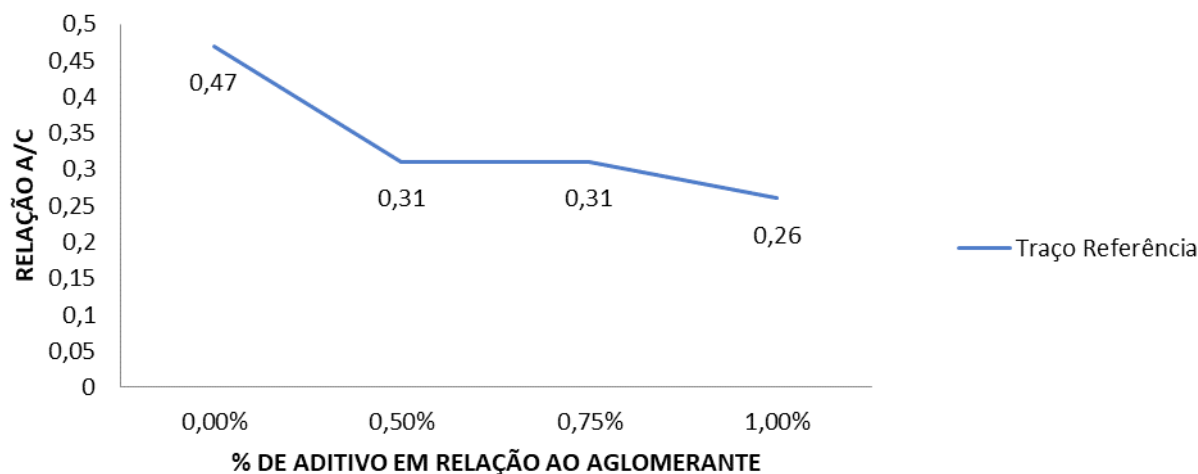
Fonte: os autores.

O material foi pesado tendo como base a massa de cimento determinado e separado a fim de facilitar a colocação na betoneira seguindo a ordem da mistura: brita, areia, cimento, água e por fim o aditivo. Após a mistura destes materiais, foi realizado o "*Slump Test*", conforme a NBR NM 67/1998. Este ensaio é feito para cada traço de concreto, que consiste em colocar a massa de concreto dentro de um recipiente com um formato de cone, sendo colocadas três camadas e a cada camada é feita um adensamento de 25 golpes. Por fim, retira-se o molde lentamente, num tempo de 8 segundos, conforme a NBR NM 67/1998, verificando a diferença da medida entre a altura do molde e a altura da massa de concreto assentada.

Para a moldagem e cura do concreto foram seguidas as normatizações descritas pela NBR 5738:2015, onde foram realizados quatro traços de concreto, o normal e os outros 3 restantes com as adições do aditivo (0,5%, 0,75% e 1,00%), e para o ensaio a compressão seguiu a norma NBR 5739:2007, o qual foi possível verificar a viabilidade da utilização do aditivo plastificante redutor de água em relação ao concreto normal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação do resultado do concreto no estado fresco, no qual o traço normal tivemos um fator A/C obtido por meio quando do estudo de dosagem, e conforme as adições de aditivo foram sendo adicionadas ao traço, a relação A/C foi sendo diminuída de acordo com a adição de aditivo, devido à redução no consumo de água imposta pelo uso do aditivo, de acordo com a Figura 3.

Figura 3 - Relação A/C corrigida

Fonte: os autores.

Na Figura 3 é possível analisar que a relação A/C diminui à medida que adicionamos maiores teores de aditivo, apesar de que na adição de 0,75% de aditivo obtivemos o mesmo resultado na adição de 0,50%. Segundo Neville e Brooks (2013), isso acontece devido ao modo de preparo, como a temperatura ambiente, o tempo de mistura na betoneira e a porosidade dos agregados. Apesar disso, é possível observar que a linha indica uma redução na relação A/C.

Logo após, foi possível analisar a queda no consumo de água conforme se adicionou diferentes teores de aditivo, conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5 - Consumo de água

ADITIVO	ÁGUA (l)	% DE REDUÇÃO	*Slump Test*
0,0%	2,96	0%	110 mm
0,50%	2,00	32,43%	210 mm
0,75%	2,00	32,43%	210 mm
1,00%	1,70	42,56%	210 mm

Fonte: os autores.

O consumo de água apresenta resultados coerentes, uma vez que o fabricante determina uma redução de 40% no consumo da mesma com o uso do aditivo. Porém, é fato que o resultado do abatimento não se enquadrou perfeitamente no resultado buscado, quando o objetivo era mantê-lo no mesmo resultado do traço normal. Mostrando que com a redução na quantidade de água não foi possível manter a trabalhabilidade da mistura.

Na Figura 4, podemos observar os corpos de prova de acordo com os traços determinados, permitindo desta maneira, analisar o concreto no estado endurecido, sendo um dos fatores mais importantes nesse estudo que é a resistência mecânica do concreto.

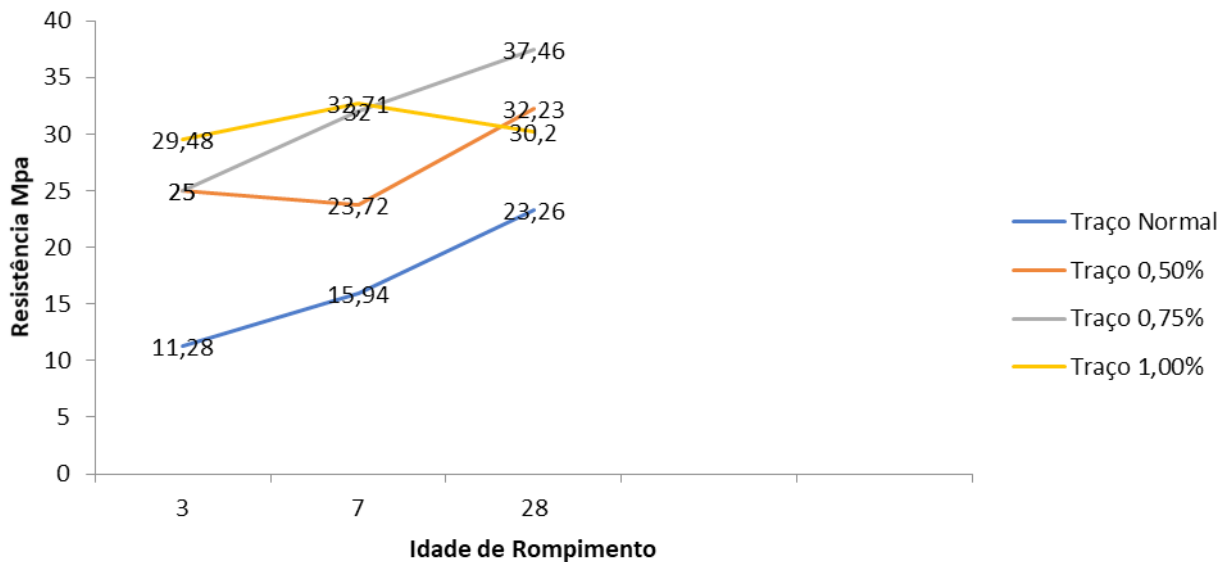
Figura 4 - Corpos de prova

Fonte: os autores.

Figura 5 - Corpos rompidos do traço determinado

Fonte: os autores.

Na sequência, foram realizados os rompimentos de cada corpo de prova de acordo com o traço correspondente no seu período já determinado (3, 7 e 28 dias). A Figura 6 mostra a variação da resistência a compressão com o aumento da idade de ruptura.

Figura 6 - Resistência nos diferentes traços do concreto

Fonte: os autores.

Avaliando os dados nota-se uma variação crescente da resistência mecânica e também um ganho de resistência significativa ao aumentarmos a quantidade de aditivo, e isso ocorre devido à redução de consumo de água. A Tabela 6 mostra as percentagens de ganho de resistência em função da quantidade de aditivo usada na idade de 28 dias.

Tabela 6 - Ganho de resistência

ADITIVO	RES. 28 DIAS (mPa)	GANHO DE RES.
0,0%	23,26	0,00
0,5%	32,23	38,56%
0,75%	37,46	61,04%
1,00%	30,20	29,84%

Fonte: os autores.

O traço com 1% de aditivo, ainda que apresente uma resistência aos 28 dias menor de que quando adicionamos 0,50% e 0,75%, mesmo que sua relação A/C seja menor. Nesse aspecto, Hartmann (2002), diz que conforme "a relação água e cimento vai diminuindo, as reações entre os mesmos podem apresentar resultados indesejados".

CONCLUSÃO

O uso do aditivo plastificante redutor de água de fato levou na prática a redução do consumo de água na mistura, atendendo assim os requisitos do fabricante, que deve conter reduções na ordem de 20 a 40%. Com os resultados obtidos podemos comprovar que o comportamento de fato existe, e que o aditivo atende aos critérios estabelecidos.

De acordo com o resultado esperado do trabalho houve um ganho significativo na resistência mecânica do concreto devido ao uso do aditivo plastificante redutor de água, que afeta diretamente na redução da quantidade de água no traço ocorrido pelo uso do aditivo no traço. Como por exemplo, no traço normal sem a adição do aditivo, tivemos um resultado de 23,26 MPa aos 28 dias de idade, enquanto no traço com adição de 0,75% de aditivo, obteve um valor de 37,46 MPa, ou seja, um aumento no ganho de resistência de aproximadamente 61,00%.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11578**:1991. Cimento Portland composto. Rio de Janeiro: ABNT, 1991a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5732**:1991. Cimento Portland comum. Rio de Janeiro: ABNT, 1991b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5735**:1991. Cimento Portland de Alto Forno. Rio de Janeiro: ABNT, 1991c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**:1998. Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5736**:1999. Cimento Portland Pozolânico – Especificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**:2003. Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**:2009. Agregados para concretos. Rio de Janeiro: ABNT, 2009a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**:2009. Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2009b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53**:2009. Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2009c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768**:2011. Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935**:2011. Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2011b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland.** 7. ed. São Paulo, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**:2015. Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**:2015. Concreto – Procedimento para Moldagem e Cura de Corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**:2018 Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

FRACALOSSI, R. A. R. **Aditivos à base de policarboxilatos**: **Influência nos tempos de pega e na manutenção do abatimento em pastas cimentícias de cimento Portland**. 2011. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

GASPARIN, L. **Avaliação da influência do aditivo plastificante multifuncional redutor de água na resistência mecânica do concreto dosado pelo método ABCP.** 2017. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2017.

HAGEMANN, S. E. **Apostila de Materiais de Construção Básicos.** Universidade Aberta do Brasil, 2011.

HARTMANN, C. *et al*. Aditivos químicos para concretos e cimentos**.** *In*: **Concreto: ciência e tecnologia**. v. 1. São Paulo: IBRACON. 2002

HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto.** Brasília: SENAI, 1993.

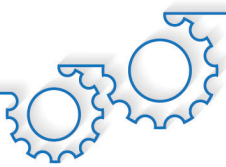
INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. 53. ed. 2009. Disponível em: http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_53.pdf. acesso em: 24 ago. 2020.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedade e materiais.** 2. ed. São Paulo. IBRACON, 2014.

NEVILLE, A. M.; BROOKS J. J. **Tecnologia do concreto.** 2. ed. Porto Alegre. Bookman, 2013.

PETRUCII, E. G. R. **Concreto de cimento Portland.** 13. ed. São Paulo. Globo, 1998.

RECENA, F. A. P. **Método de dosagem de concreto pelo volume de pasta com emprego de cinza volante.** 2011. 262f. Tese (Doutorado em Engenharia) –, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

TARTUCE, R.; GIOVANETTI, E. **Princípios Básicos sobre Concreto de Cimento Portland.** São Paulo: IBRACON, 1990.

ANALISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO À COMPRESSÃO UTILIZANDO CINZA DE CASCA DE ARROZ JUNTO AO CIMENTO

ANALYSIS OF THE CONCRETE RESISTANCE TO COMPRESSION USING RICE PEEL ASH WITH CEMENT

Lucas Batista **Mendes**
Romulo Menck **Romanichen**
Lourival Domingos **Zamuner**

RESUMO

Sabendo que a engenharia busca cada vez mais inovações para a construção civil e que umas das principais prioridades vem sendo a diminuição dos efeitos ambientais gerado pela construção civil, esse trabalho tem por finalidade fazer a utilização da cinza de casca de arroz (CCA) natural sem nenhum tipo de moagem em substituição parcial ao cimento Portland. A CCA é um material que sem um destino certo pode causar vários tipos de problemas ambientais, por isso cada vez mais empresas de fabricação do arroz vem tomando maiores providencias para que esse material possa ser descartado e reutilizado. Uma dessas reutilizações, é a utilização da CCA na construção civil, por ter uma grande quantidade de sílica na sua composição em torno de 88% e um alto teor pozolânico, podendo ser utilizada em concreto e argamassas. A CCA confere um ganho de resistência a mistura quando adicionado em conjunto com o cimento e por esse motivo é capaz de reduzir o seu consumo. Desta forma esse trabalho visa determinar a viabilidade da utilização da CCA em concretos em substituição ao cimento, nas taxas de 10% e 20% através da determinação da resistência a compressão das misturas.

Palavras-chave: Cimento. Cinza de Casca de Arroz. Concreto.

ABSTRACT

Knowing that engineering seeks for more and more innovations for civil construction and that one of the main priorities have been the reduction of environmental effects generated by civil construction, this work aims to make the use of natural rice husk ash (RHA) without any type of grinding to partially replace the Portland cement. RHA is a material that without a certain destination can cause many types of environmental problems which is why more and more rice manufacturing companies are taking greater steps to ensure that this material can be discarded and reused. One of these reuses is the use of RHA in civil construction, as it has a large amount of silica in its composition (around 88%) and a high pozzolanic content, which can be used in concrete and mortars. RHA gives a gain of resistance to the mixture when added together with the cement and for this reason It can reduce its consumption. In this way, this work aims to determine the feasibility of using RHA in concrete to replace cement, at rates of 10% and 20% by determining the compressive strength of the mixtures.

Keywords: Cement. Concrete. Rice Husk Ash.

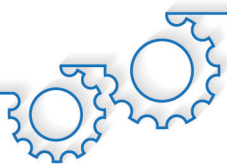
INTRODUÇÃO

O concreto é o material estrutural mais aplicado no mundo, podendo ser utilizado em vários projetos da engenharia, como casas de alvenaria, rodovias, pontes e edifícios, entre vários outros tipos de projetos. Devido a esta grande utilização no cenário da construção civil, dificulta estimar com precisão a quantidade de consumo de concreto em âmbitos mundiais. Contudo, sabe-se que o número se apresenta em consideráveis casas decimais. No ano de 2009, estimou-se um consumo de 11 bilhões de toneladas no mundo e, no Brasil, em torno de 30 milhões de metros cúbicos por ano em centrais dosadoras de concreto – não considerando os produzidos *in loco*. Hoje, passados mais de uma década, o cenário tende a crescer cada dia mais. O concreto é um material constituído por misturas de agregados como areia e brita misturado com aglomerantes, como o cimento, podendo também ser misturados substancias químicas que tem a função de acelerar o processo e alterar algumas de suas propriedades (PEDROSO, 2009).

O concreto para aplicação estrutural sem nenhum tipo de armadura não apresenta boa resistência a tração, contudo, suporta muito bem a tensões de compressão atuantes no corpo. O concreto confere esse ganho de resistência por meio das misturas que são adicionadas como os agregados miúdos e graúdos: areia e brita respectivamente, e os aglomerantes como cimento e água. Estas misturas permitem que o concreto preencha seus pequenos vazios gerando uma maior resistência à compressão. Essa baixa capacidade de resistir a cargas quando submetido a esforços de tração, está diretamente ligado ao tipo de comportamento que o material é submetido, e o concreto antes de sua ruptura apresenta comportamento frágil e baixa capacidade de deformação, perdendo a capacidade de resistir aos esforços de tração (CARVALHO, 2014).

Para que seja possibilitado um bom rendimento quanto aos esforços de tração incidentes no corpo, utiliza-se juntamente ao concreto, o emprego dos aços – compostos essencialmente de ferro e carbono, chamados de concreto armado.

Segundo Hibbeler (2010), a resistência de um material depende da sua capacidade de suportar carga sem apresentar deformações excessivas ou até atingir a ruptura. Estas propriedades devem ser determinadas por métodos experimentais, pois são inerentes ao próprio material, ou seja, estão ligados de forma inseparável por natureza. Um dos métodos experimentais utilizados para os estudos dos materiais são os ensaios de tração e compressão, os quais permitem determinar a relação entre tensão normal média e a deformação normal média dos materiais. Por meio dos dados obtidos nos ensaios de tração e compressão, é possível elaborar um diagrama de tensão-deformação. Estes diagramas são importantes para a engenharia pois eles permitem conhecer o comportamento apresentado pelos materiais do estado de tensões nula até o ponto de sua ruptura. O teste mais importante para a obtenção de propriedades mecânicas do material é o teste de compressão axial.

Para Neville (2010) a resistência do concreto é considerada a propriedade mais importante, sendo capaz de fornecer uma ideia geral de sua qualidade por estar diretamente ligado a estrutura da pasta do cimento. Um dos fatores de fundamental importância para a qualidade do concreto são as porosidades, isto é, o volume relativo de poros ou vazios na pasta de cimento. Estes pequenos vazios são considerados como causas da diminuição da resistência do concreto. Outro fator de enfraquecimento vem da presença do agregado graúdo, que pode conter falhas em sua estrutura, além de ser causador de micro fissuração na interface com a pasta de cimento.

Segundo a lei de Abrams, um dos fatores que proporcionam uma variação positiva ou não da resistência do concreto é a relação água/cimento. Quanto menor a relação, maior a resistência à compressão e podendo ficar prejudicado a sua trabalhabilidade. Contudo, para cada caso, há uma aplicação e uma particularidade. Para poder elevar essa resistência, e seguindo o princípio de Abrams, emprega-se a utilização do Cimento Portland em maior volume. Este, sendo composto principalmente por materiais retirados da natureza como o calcário, a rocha calcária ou o giz, também possuindo em sua composição alumina e a sílica que são encontrados em argilas ou folhelhos. O processo de fabricação do cimento consiste essencialmente na moagem dessas matérias–primas e na sua queima, em temperaturas de até 1450 ºC em grandes fornos rotativos, sendo sintetizados e parcialmente fundido, tornando um material conhecido como clínquer. Este, é resfriado e recebe a adição de um pequeno teor de sulfato de cálcio, desta forma, o material é moído até se tornar um pó bastante fino, sendo conhecido em todo o mundo como Cimento Portland (NEVILLE, 2015).

Quando avaliado o lado industrial desta larga produção cimentícia, o impacto junto ao meio ambiente e a interferência na qualidade de vida da população, é altamente prejudicial tanto para a saúde humana, quanto para a preservação ambiental, sendo capaz de poluir água, ar e solo. Uma das etapas da fabricação que mais prejudicam o meio ambiente é a fase de clínquerização devido a emissão de gases que afetam o efeito estuda com uma grande concentração de dióxido de carbono (CO_2). Devido a política de sustentabilidade criada por comissões internacionais, diversas empresas responsáveis pela industrialização do material buscam cada vez mais amenizar os impactos causados por esta produção, satisfazendo as normativas e leis que visam maiores responsabilidades sociais e ambientais, propiciando assim, uma diminuição dos efeitos catastróficos causados por este produto (MAURY; BLUMENSCHEIN, 2012).

E assim, devido esta grande problemática que afeta um dos produtos mais consumidos do mundo, não apenas diretrizes políticas são discutidas, e sim, inovações tecnológicas ganham grandes proporções pois trabalham com a finalidade da amenização dos problemas. Desta forma, desenvolvem-se cada vez mais, o incentivo a utilização da cinza da casca de arroz (CCA) como um aditivo na forma de aglomerante que além de ser vantajoso ecologicamente, busca satisfazer as necessidades mecânicas do concreto.

A CCA tem em sua composição uma elevada atividade pozolânica – componente presente em alguns tipos de cimento, tais como o CPII-Z e CP IV-V, composto do processo de queima da casca para obtenção da cinza de arroz, possibilitando um possível ganho quanto as propriedades do material. Podendo apresentam um teor de sílica entre 74% a 97%, e apresentando um grande potencial para ser utilizado em argamassas e concretos (TASHIMA, 2012).

Quando, acrescentado a cinza em materiais como o concreto, ocorre um progresso significativo nas propriedades mecânicas do material diminuindo a segregação e melhorando a trabalhabilidade do composto. Basta 10% ou 20% de CCA para o concreto conferir um aumento de sua resistência mecânica, melhorando sua durabilidade e podendo diminuir a permeabilidade do material (MEHTA, 1992).

Ainda, a cinza de casca de arroz é um resíduo resultante da queima da casca de arroz, a qual é considerada um subproduto do processo. Após a queima completa, aproximadamente, 20% da casca de arroz é transformada em cinza, a qual é considerada um resíduo agroindustrial, que não possui destinação correta, sendo armazenadas em aterros, ou ainda descartada em locais não destinados a receber esse tipo de material, causando problemas ambientais e poluindo mananciais de água, do ar e do solo (POUEY, 2006).

Estudos como de Santos (1997), mostram que as cinzas da CCA apresentam propriedades pozolânicas benéficas para a melhoria da resistência mecânica do concreto, além de aumentar a durabilidade do mesmo, quando comparado com o cimento gerado de um traço convencional. Ainda, pode-se influenciar a retenção de água, além de diminuir os índices de retração, fissuração e fluência do concreto. Contudo, para o desenvolvimento da pozolâna deve-se seguir procedimentos exigentes para o processo de queima, a fim de, garantir a qualidade do componente, importando-se com a temperatura, tempo de exposição do fogo e, ao tempo de moagem da casca de arroz.

Segundo Pereira (2015) a atividade pozolânica da cinza de casca de arroz está diretamente relacionada com a composição morfológica, como também o tempo de moagem desta cinza apresentando, quando produzida por meio da queima em sua morfologia, a presença de sílica no estado amorfo, e desta forma obtendo uma maior reatividade com o cimento.

Desse modo, ao aplicar a cinza como componente parcial do Cimento Portland, garante-se uma diminuição do consumo de energia e emissão de gases oriundos da fabricação do produto, garantindo assim vantagens ambientais, além de influenciar positivamente em outra vertente desta fabricação: o viés econômico, uma vez que ocasiona a redução do custo da produção (MEHTA, 2014). O objetivo deste trabalho é avaliar a resistência do concreto à compressão com a utilização da CCA natural sem prévia moagem após a queima.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar este trabalho, coletou-se cinza de casca de arroz na empresa beneficiadora deste produto, situada na cidade de Cianorte, Estado do Paraná. Os materiais utilizados para a realização do concreto foram: areia fina, brita 1, cimento Portland CP II Z-32, além da cinza da casca de arroz quando analisado o traço básico e água. Utilizou-se as proporções em relação ao consumo de cimento em 1:1,39:2,12:0,55, para a elaboração do traço básico de concreto sem a adição da cinza da casca de arroz.

Na sequência, foram realizados os seguintes ensaios: Massa específica da areia; Massa específica da brita; Granulometria da areia; Granulometria da brita; Abatimento de tronco de cone – *Slump Test*; Ensaios de resistência à compressão do concreto. Após a coleta das cinzas e a separação da areia, brita e cimento e com os ensaios realizados, rodou-se os traços junto ao laboratório de materiais de construção da UNINGÁ – Centro Universitário Ingá.

Nos traços com a presença do componente pozolânico utilizou-se gradativamente a adição de 10% e 20%. Para o primeiro traço, utilizou-se a composição convencional do concreto. No segundo, reduziu-se proporcionalmente o cimento em relação a cinza da casca de arroz, com um percentual de 10% utilizando 700 gramas de CCA. Posteriormente, com o percentual dobrado, duplicou-se a quantidade de utilização da cinza, agora, com 1400 gramas de CCA. Ainda, para a efetivação dos corpos de provas utilizados para a análise acadêmica, utilizou-se uma betoneira com capacidade para 150 litros.

Para a determinação da massa específica da areia, utilizou-se as especificações presentes na NBR 52:2009 – Agregado Miúdo – Determinação da Massa Específica e Massa Específica Aparente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009a). Para isto, coletou-se três amostragens de areia seca com 500 gramas cada. Após a separação da amostra, transferiu-se para o picnômetro a amostra coletada adicionando a ela, água destilada até o preenchimento dos vazios da amostra, até o momento que se atingiu a altura necessária presente na normativa. Após isto, seguiu-se as recomendações de pesagem do material, descartando-o a água e a areia inseridas no equipamento. Após isto, encheu-se novamente o picnômetro apenas com água, realizando uma nova pesagem do material. Ainda, na pesagem foi verificado a temperatura da água junto ao equipamento, repetindo esse procedimento para as 3 amostras. Com esses dados, foram realizados três cálculos da massa especifica, utilizando da equação a seguir, e assim, ao final foram realizados a média das três amostras para determinar a massa especifica do agregado, além da massa específica aparente que é dada pela relação entre a massa do solo pelo seu volume.

$$\rho s = \frac{\frac{100.m1}{(100+w\%)}}{\frac{100.m1}{(100+w\%)}+m3-m2} \cdot \rho w \qquad (1)$$

Para o ensaio referente a massa específica da brita, utilizou-se as especificações contidas na NBR NM 53:2009 - Agregado graúdo: Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009a).

Neste procedimento, buscou-se realizar a determinação da massa específica do agregado graúdo – brita 1. Para isto, coletou-se a amostra do agregado e submergiu-se por um período de 24 +/- 4 horas. Após este determinado tempo, retirou-se as três amostragens da água, envolvendo-as em um pano absorvente para eliminar das britas toda água visível presente. Na sequência, pesou-se as amostras obtendo-se assim, a massa saturada da superfície seca. Em seguida, as amostras do agregado graúdo foram inseridas em um recipiente cilíndrico e vazado e submergidas em um recipiente maior com água, permitindo o contato da água com a brita.

Nessas condições, cada amostra de brita foi pesada novamente, da seguinte maneira: Por meio de um cabo fixado no recipiente vazado e acoplado na parte inferior da balança, de modo que a amostra não tocasse o fundo do recipiente maior com água, obtendo-se o peso correspondente a massa imersa. As três amostras do agregado graúdo foram colocadas em estufa de secagem por 24 horas e novamente realizado as pesagens do agregado e esses resultados irão corresponder a massa seca do agregado graúdo.

A areia e a brita utilizadas no processo passou pelo processo de granulometria para determinar seu diâmetro máximo característico e seu módulo de finura, de acordo com a NBR NM 248:2003 Agregados – Determinação da composição granulométrica. Para realizar esse procedimento adicionaram-se 1000 gramas de areia e 5000 gramas de brita, peneiradas por meio de bateria de peneiras, de maneira enérgica e contínua por 5 minutos, permitindo a separação dos diferentes tamanhos de grãos dos agregados. Para a areia as peneiras foram montadas na seguinte sequência: Peneira 1: 9,50 mm; Peneira 2: 4,75 mm; Peneira 3: 2,36 mm; Peneira 4: 1,18 mm; Peneira 5: 0,60 mm; Peneira 6: 0,30 mm; Peneira 7: 0,15 mm e fundo.

Em cada peneira, separou-se o material retido e posteriormente, pesou-se, anotado assim, o valor de pesagem de cada peneira. Para isto, os grãos de cada agregado que ficaram retidos nas malhas das peneiras foram retirados por meio da passagem da escova de aço, de modo que nenhuma partícula se perdesse no procedimento.

Ao final do processo, com todos os valores dos pesos retidos em cada peneira, realizou-se o cálculo, definindo os percentuais de material retido e retido acumulado.

O percentual retido acumulado em relação a cada peneira da série utilizada foi utilizado para a elaboração da curva granulométrica de cada agregado. Também foram definidos o módulo de finura e o diâmetro máximo dos agregados.

O ensaio do abatimento do tronco de cone (*Slump Test*) foi realizado conforme a NBR NM 67:1998 – Concreto: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998).

Neste ensaio, realizou-se separadamente para cada traço de concreto, no qual colocou-se uma massa de concreto dentro de uma forma metálica de formato tronco-cônica, preenchido em três camadas igualmente adensadas, nas quais cada camada foi apiloada com 25 golpes. Retirou-se o molde lentamente e, levantando-o verticalmente e após foi medido a diferença entre a altura do molde e a altura da massa de concreto depois de assentada, tendo a diferença de altura do material em relação ao tronco de cone.

O último ensaio realizado foi o da resistência à compressão, o qual seguiu as recomendações da NBR NM 5739:2018 – Concreto: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, nele, realizou-se três traços de concreto, o normal e os outros dois traços com as substituições de 10% e 20% de cimento pela cinza de casca de arroz (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018).

Foram moldados 18 corpos de provas cilíndricos – 6 amostras por traços. Após a moldagem, aguardou-se, por aproximadamente, 24 horas para que se possibilitasse as desformas e então, colocados em uma câmara úmida, mantidos em cura em tanque até as idades de realização dos ensaios de compressão, correspondentes a 3, 7 e 28 dias. Nas respectivas idades os corpos de prova foram colocados na prensa de compressão para realizar o rompimento e verificando a resistência máxima de cada traço do concreto e retirados dois corpos de prova para cada traço de concreto.

Com os resultados de compressão realizados nos corpos de prova, possibilitou-se verificar a viabilidade da adição da cinza de casca de arroz em relação ao concreto normal, através da análise dos resultados obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos ensaios de granulometria do agregado miúdo e do agregado graúdo podemos verificar seus diâmetros máximos característicos e o módulo de finura dos agregados miúdo e do agregado graúdo conforme Tabelas 1 e 2 e suas respectivas considerações.

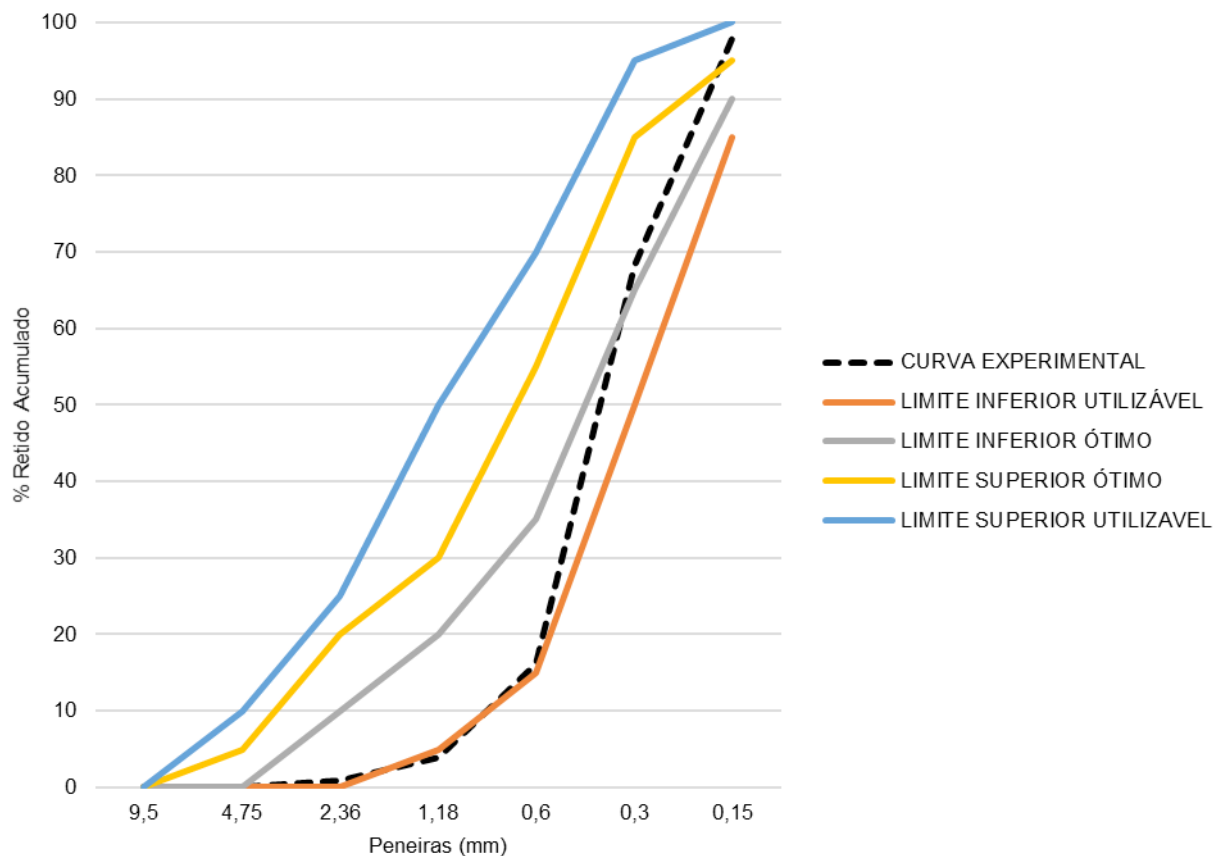
Desta forma, pode-se então obter o valor do módulo de finura (MF), que se resulta da somatória dos retidos acumulados das peneiras comuns do experimento, dividindo por 100. Desta forma, identifica-se possíveis variações da superfície do agregado. Assim, observa-se um MF igual a 1,87mm. Além disto, possibilita-se a identificação do Diâmetro Máximo Característico que resulta-se de uma análise gráfica da Tabela 1, onde observa-se o valor igual ou imediatamente inferior a 5% do retido acumulado, obtendo-se assim, o diâmetro de 1,18mm, resultado da peneira nº 16.

Segundo Bauer (2000), as areias apresentam as características curvas granulométricas em S. Ainda, a areia utilizada ficou próxima ao limite inferior utilizável, segundo a NBR 7211:2009 - Agregados para concretos, a areia pode ser classificada como areia fina (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009c).

Tabela 1 - Granulometria do agregado miúdo

PENEIRA		AREIA MATERIAL RETIDO	% DE MATERIAL RETIDO	
# nº	Abertura (mm)	(g)	RETIDO	RETIDO ACUMULADO
3/8”	9,5	0	0	0
4	4,75	1,92	0,192	0,192
8	2,36	6,48	0,648	0,84
16	1,18	30,62	3,062	3,902
30	0,6	122,23	12,223	16,125
50	0,3	519,72	51,972	68,097
100	0,15	296,85	29,685	97,782
	FUNDO	22,18	2,218	100
∑		1000		100

Fonte: os autores.

Figura 1 - Curva Granulométrica da areia e limites da distribuição granulométrica

Fonte: os autores.

Pela curva granulométrica da areia, foi observado que a curva experimental até a peneira de 0,3mm ficou entre o limite inferior utilizável e o limite inferior ótimo. E, após a peneira 0,3mm a curva experimental ficou entre o limite inferior ótimo e o limite superior ótimo, conforme apresentado na Figura 1.

Para o estudo granulométrico referente ao agregado graúdo em formato de brita I, realizou-se os procedimentos presentes na norma regulamentadora, e obtido os dados presentes na Tabela 2.

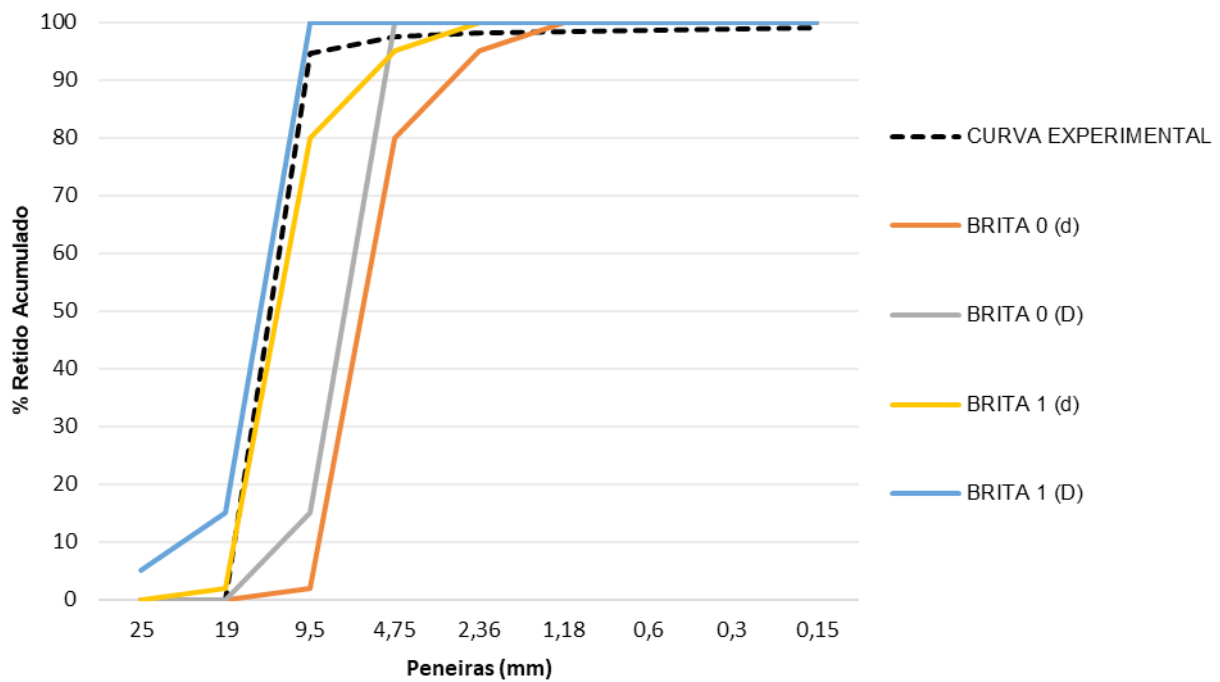
Tabela 2 - Estudo granulométrico do agregado graúdo

BRITA I				
PENEIRA		MATERIAL RETIDO	% DE MATERIAL	
nº	(mm)	(g)	RETIDO	RETIDO ACUMULADO
3/4”	19	0	0	0
3/8”	9,5	4731,02	94,62	94,6204
4	4,75	143,1	2,862	97,4824
8	2,36	36,91	0,7382	98,2206
16	1,18	11,01	0,2202	98,4408
30	0,6	8,6	0,172	98,6128
50	0,3	13	0,26	98,8728
100	0,15	12,24	0,2448	99,1176
	FUNDOS	44,12	0,8824	100
	∑	5000		

Fonte: os autores.

A granulometria da brita, possibilitou a determinação do diâmetro máximo característico que quando analisado junto a Tabela 2, obtém-se a abertura de 19 mm e o módulo de finura de 6,86 mm. Segundo o Ministério de Minas e Energia (2009), essa brita pode ser classificada como brita 1, devido ao seu diâmetro máximo característico ser de 19 mm.

Pela curva granulométrica da brita, segundo os limites da NBR 7211:2009, demonstra que a brita utilizada é classificada como brita 1 conforme apresentado no Figura 2. Pela figura foi observado que a curva experimental ficou dentro dos limites da menor e da maior dimensão do agregado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009c).

Figura 2 - Curva Granulométrica da brita e zona granulométrica

Nota: *(d) é a menor e (D) a maior dimensão do agregado.
Fonte: os autores.

Por meio da NBR 5739:2018 realizou-se os ensaios à compressão obtendo as tensões máximas de cada corpo de prova em suas idades de 3, 7 e 28 dias para o traço normal e para os traços de 10% e 20% com a substituição parcial da cinza da casca de arroz, podendo ser verificadas posteriormente junto a Tabela 3, e reforçada pela Figura 3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018).

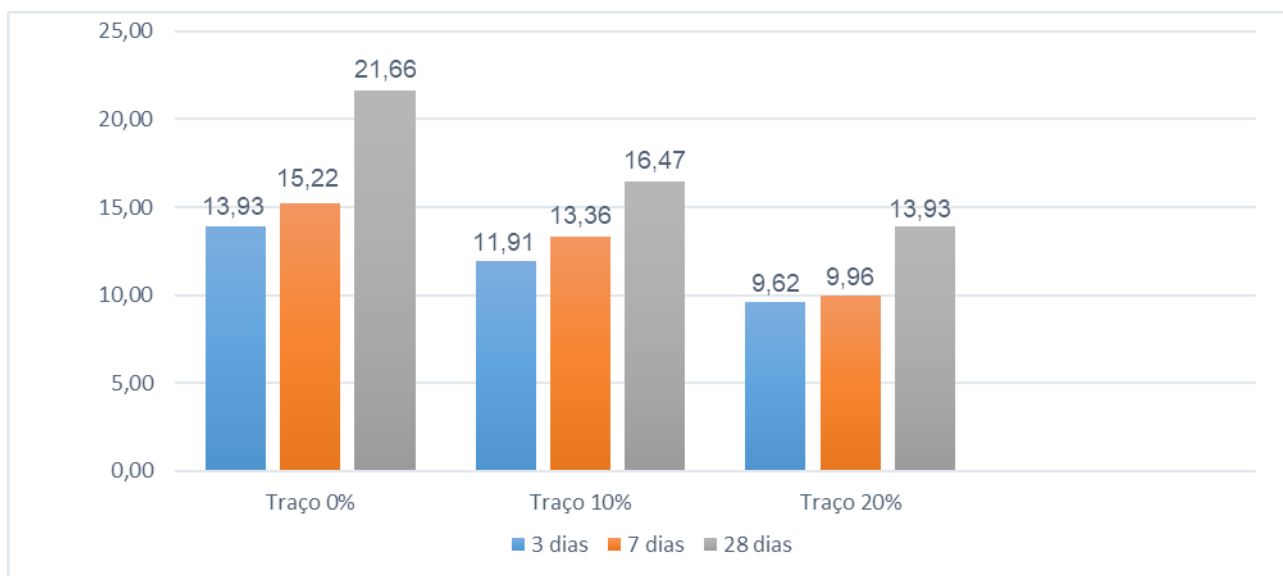
Tabela 3 - Resistência a compressão dos corpos de prova

Traço	Idade	Força aplicada (Kn)	Tensão (Mpa)
0% Cinza	3 dias	109,37	13,93
	7 dias	119,44	15,22
	28 dias	170,01	21,66
10% Cinza	3 dias	93,52	11,91
	7 dias	104,66	13,36
	28 dias	129,65	16,47
20% Cinza	3 dias	75,47	9,62
	7 dias	78,20	9,96
	28 dias	109,34	13,93

Fonte: os autores.

Verificou-se que na idade de 3 dias para o traço normal com 0% de adição de cinza de casca de arroz, a tensão máxima no corpo de prova foi de 13,93 Mpa. Já para os traços com 10% e 20% de substituição da cinza de arroz junto ao cimento obteve uma tensão máxima nos corpos de provas de 11,91 Mpa e 9,62 Mpa.

Para a idade de 7 dias, realizou-se outros seis novos testes de ensaio a compressão nos corpos de prova, sendo verificado que para o traço normal com 0% de cinza foi gerado uma tensão máxima do corpo de prova de 15,22 Mpa. Já os traços de 10% e 20% com a utilização da CCA, obteve-se para estes traços, uma tensão de 13,36 Mpa para o traço com 10% de CCA e 9,96 Mpa para o traço com 20%.

Figura 3 - Resistência a compressão dos traços de concreto elaborados para a análise da substituição parcial do cimento Portland por Cascas de Cinza de Arroz

Fonte: os autores.

Os últimos testes a serem realizados foram rompidos com uma idade de 28 dias dos corpos de prova. Neste momento, o rompimento do CP rodado com o traço normal obteve uma tensão de 21,66 Mpa podendo ser comparado ao concreto C20, classe 1 que é utilizado para pequenas estruturas e residências conforme NBR 8953:2015 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015). O traço com a substituição em 10% de CCA, obteve uma resistência de 16,47 Mpa e o último traço, com 20% de substituição com a cinza da casca de arroz registrou uma resistência de 13,93 Mpa. Para os traços com 10% e 20% conforme estabelecido pela NBR 8953:2015, para concretos inferiores a classe C20 não podem ser utilizados para obras estruturais. Todos os três traços apresentam-se abaixo da expectativa com esta idade, assim, não podendo utilizar tais traços em âmbitos estruturais devido sua fragilidade quando submetidos a altas tensões.

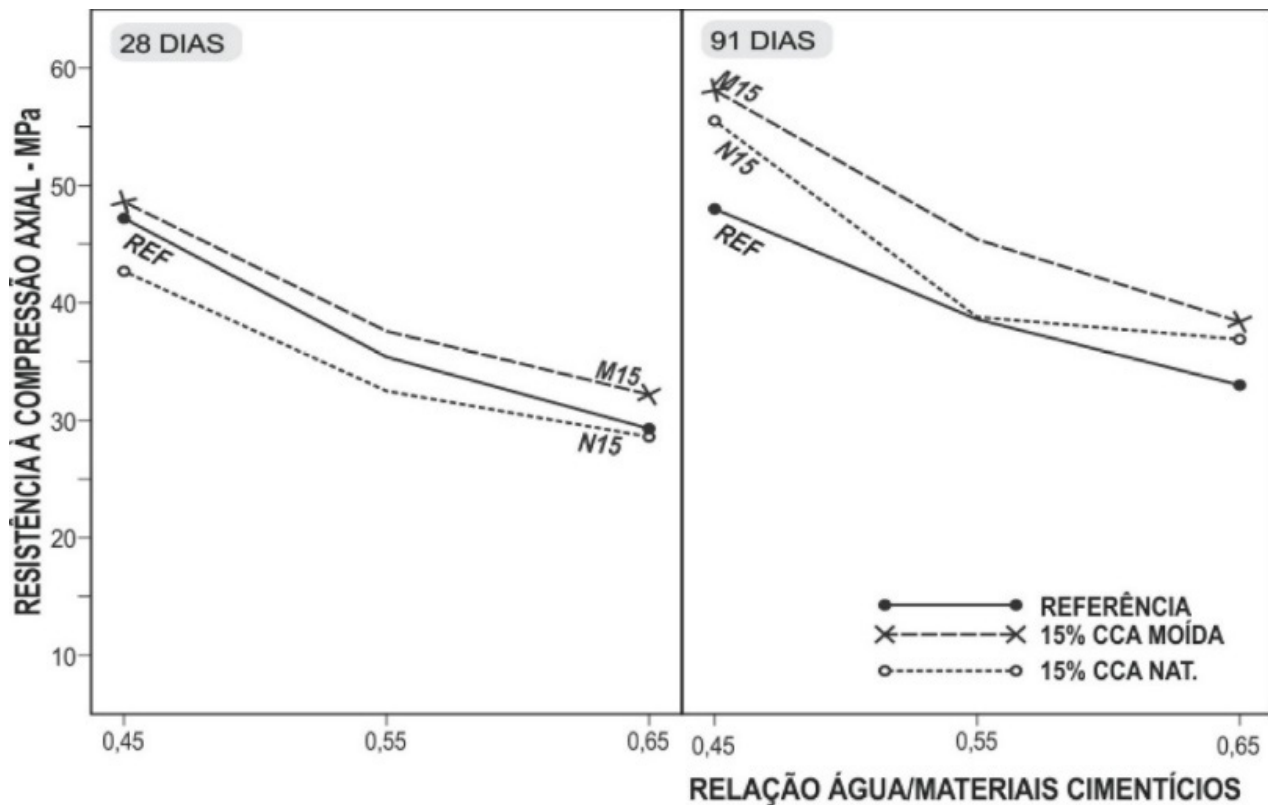
Conforme já citado, o traço com nenhuma substituição proporcional de cinza resultou em uma melhor resistência do concreto aos 28 dias comparada com as demais misturas, possuindo um fator a/c de 0,55 e um *slump* de 9 cm. Esse maior ganho de resistência do material vem do fato de que o concreto normal possui um fator A/C menor comparado com o concreto com adição de cinza de arroz, visto que, este componente apresenta-se seco e assim, necessita de um maior volume de água para melhorar sua propriedade de trabalhabilidade. Outro fator que faz com que o concreto aumente sua resistência mecânica, são os preenchimentos dos pequenos vazios no concreto, ou seja, quanto maior esses preenchimentos no concreto menos falhas irá gerar, aumentando sua trabalhabilidade e resistência.

Para os concretos com adição de 10% e 20% de cinza de casca de arroz sem nenhum tipo de moagem não obteve resultados satisfatórios aos 28 dias, possuindo um fator a/c de 0,58 e um *slump* de 9,5 para 10% e fator A/C 0,60 e um slump de 9,5 para 20%. Essas duas misturas aos 28 dias obtiveram uma resistência a compressão abaixo do que mostrado no traço normal. Estes valores do *slump* comprovam que, devido a necessidade do aumento da relação A/C, este faz com que perca a sua resistência, comprovando ser uma problemática dentro da rodagem do traço ideal. Segundo Santos (1997), o aumento da relação água/(cimento+pozolana) gera um retardamento das reações pozolânicas, levando a um crescimento lento das resistências para os traços com relação A/CP maiores.

Para pesquisadores como Isaia *et al.* (2017) essa adição de cinza de arroz aos 28 dias não apresenta uma maior resistência comparada com o traço referência, mostrando que a cinza quando moída faz com que o concreto aumente a resistência comparada a cinza natural, isso ocorre devido as partículas da cinza natural ser maiores do que a cinza moída, possuindo o dobro de sua dimensão. Essas CCA natural, apresentara uma elevada resistência comparada ao traço referência aos 91 dias, devido ao avanço das reações pozolanicas no material superando em torno de 18% o traço referência conforme ilustrado na Figura 4.

Para Hoppe (2008) conforme apresentado em sua pesquisa, mostra que essas misturas quando submetidas ao rompimento aos 28 dias também não apresentam uma elevação de resistência comparada ao traço referência, esse aumento somente acontecera quando o concreto chegar a cura de 91 dias quando utilizado a CCA natural comparada ao traço normal. Esse incremento de resistência mecânica pode ser atribuído ao efeito microfiller e ao efeito pozolânico, que fazem com que a mistura provoque modificações em sua microestrutura da pasta, tornando-a mais densa e compacta e, consequentemente, gerando uma maior resistência mecânica do material.

Por fim, analisa-se que, conforme citado por Calleja (1983), um fator importante no uso da cinza é seu grau de moagem. Em termos de características físicas, as mais importantes são as relacionadas com a finura, em todas as suas manifestações e expressões, já que frações granulométricas diferentes, se comportam de maneira diferente. A finura, a densidade da cinza e a forma da partícula influenciam diretamente a relação água/(cimento+cinza) e na retenção de água pelo concreto. O aumento da finura da cinza de casca de arroz melhora a trabalhabilidade, a retenção de água e a incorporação de areia na argamassa (FARIAS; RECENA, 1990). Com isto, devido à falta de moagem presente na obtenção das CCA influenciaram diretamente na resistência do concreto, por alterar propriedades físicas e mecânicas dos componentes, principalmente na alteração da área específica da CCA, pois o aumento da área específica, dificulta a dispersão da cinza na argamassa. Assim, as partículas da cinza acabam se agrupando, formando grumos e não reagem, na sua totalidade, com o hidróxido de cálcio liberado no processo de hidratação do cimento, diminuindo assim, a grande demanda de A/C para a sua cura, aumentando a resistência (SANTOS, 1997).

Figura 4 - Resistência à compressão axial a 28 e 91 dias

Fonte: Isaia *et al.* (2017).

CONCLUSÃO

Com a análise dos resultados obtidos, verificou-se que a não utilização da moagem em cincas da casca de arroz quando adicionadas ao concreto, refutam os objetivos gerais do estudo pois, influenciam diretamente a resistência a compressão do concreto, visto que, altera suas áreas específicas. Assim, quanto maior tempo de moagem, menores as partículas e mais agrupadas apresentaram-se na composição, diminuindo assim, a dispersão dos componentes.

Além disto, nota-se também, que, pelo motivo das CCA's apresentarem-se como materiais pozolânicos, o seu tempo para o alcance de sua resistência máxima é retardado e assim, a execução do traço de concreto com a adição das cinzas pode-se obter valores em sua composição e aumentando a sua resistência com até 90 dias. Para que isso comprove-se sugere-se a prática de novos estudos voltados para o rompimento para este período e ainda, com a etapa de moagem da cinza respeitada para poder alcançar uma melhor composição do material assim, aumentando a sua resistência a compressão.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**:1998 Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT,1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**:2003. Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**:2009. Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2009a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53**:2009. Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2009b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**:2009. Agregados para concretos. Rio de Janeiro: ABNT, 2009c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 8953**:2015. Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa especifica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 5739**:2018. Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção.** v. 1. Rio, de Janeiro: LTC., 2000.

CALLEJA, J. Adiciones y cementos con adiciones**. Materiales de Construction**, v. 33, n. 190-191, 1983.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**: Segundo a NBR 6118:2014. 4. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014.

FARIAS, J. S. A.; RECENA, F. A. P. Study for Brazilian rice husk ash cement. In: **PROCEEDINGS OF THE SECOND INTERNATIONAL RILEM SYMPOSIUM**. Salvador, 1990. p. 360-369.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos materiais**. 7. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

HOPPE, A. E. **Carbonatação em concreto com cinza de casca de arroz sem moagem.** 2008. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

ISAIA, G. *et al*. Viabilidade do emprego de cinza de casca de arroz natural em concreto estrutural. Parte II: Durabilidade**. Ambiente construído,** v. 17, n. 2, p. 233-252, 2017.

MAURY, M. B.; BLUMENSCHEIN, R. N. **Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MEHTA, P. K. Rice husk ash - A unique suplementary cementing material. In: **Advances in Concrete Technology**. Ottawa: CANMET, 1992.

MEHTA, P. M.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: **microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: IBRACON, 2014.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Agregados para construção civil.** 2009. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/36108/448620/P22_RT30_Perfil_de_brita_para_construxo_civil.pdf/0b657545-498a-46ee-b836-a974026d435a?version=1.0. Acesso em: 18 mar. 2020.

NEVILLE A. M.; BROOKS J. J. **Tecnologia do Concreto**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2010.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 5. ed. São Paulo: Pini, 2015.

PEDROSO, F. L. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. In: **Concreto: Material Construtivo Mais Consumido no Mundo**: IBRACON, São Paulo, v. 53, n. 1, p. 14-19, 2009.

PEREIRA, A. M. Estudo das propriedades mecânicas do concreto com adição de cinza de casca de arroz**. Revista Matéria**, v. 20, n. 1, p. 227-238, 2015.

POUEY, M. T. F. **Beneficiamento da casca de arroz residual com vistas as produções de cimento composto e/ou pozolânico.** 2006. 320f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SANTOS, S. **Estudo da viabilidade de utilização de cinza de casca de arroz residual em argamassas e concretos**. 1997. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

TASHIMA, M. M. Cinza de casca de arroz (CCA) altamente reativa: método de produção e atividade pozolânica. **Ambiente Construtivo,** v. 12, n. 2, p. 151-163, 2012.

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: O USO DE PNEUS INSERVÍVEIS NA PAVIMENTAÇÃO

CIVIL CONSTRUCTION SUSTAINABILITY: THE USE OF INSERVABLE TIRES IN PAVING

Lucas Vieira **Luvisotto**
Arthur Felipe Echs **Lucena**

RESUMO

O Brasil tem se dedicado muito pouco a implementar as tecnologias de reaproveitamento de pneus inservíveis na mistura asfáltica, que poderiam garantir mais durabilidade e aderência ao piso em dias chuvosos, além de menos ruído gerado pelo atrito. Nesse sentido, do ponto de vista ambiental, pode-se sofrer impacto pela ínfima utilização do asfalto sustentável constituído de borracha. As empresas e concessionárias do setor já detêm e utilizam tais tecnologias que carecem de legislação específica para ser alargado o seu uso. Nesse contexto, o objetivo geral dessa pesquisa é investigar as vantagens ambientais da utilização do asfalto de borracha no Brasil. Para tanto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com a utilização de livros, artigos científicos e noticiários impressos e online. Como resultados, vê-se que a destinação correta de pneus inservíveis minimiza impactos ambientais causados por esses materiais na natureza.

Palavras-chave: Asfalto. Borracha. Pneus Inservíveis. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Brazil has devoted very little to implementing technologies for reusing waste tires in the asphalt mix, which could guarantee more durability and adherence to the floor on rainy days, in addition to less noise generated by friction. In this sense, from an environmental point of view, it can be impacted by the very small use of sustainable asphalt made of rubber. Companies and concessionaires in the sector already own and use such technologies that lack specific legislation to extend their use. In this context, the general objective of this research is to investigate the environmental advantages of using rubber asphalt in Brazil. To this end, a bibliographic search was carried out using books, scientific articles and printed and online news. As a result, it can be seen that the correct disposal of waste tires minimizes environmental impacts caused by these materials in nature.

Keywords: Asphalt. Rubber. Unbeatable Tires. Sustainability.

INTRODUÇÃO

A tecnologia do asfalto de borracha consiste em utilizar como mistura o equivalente a 1.000 até 2.500 pneus a cada quilômetro de pavimentação de rodovia (KLINSKY; FARIA, 2017). Apesar das vantagens, ainda não existem grandes investimentos governamentais nessa oportunidade de negócios que minimiza o impacto ambiental. Em contrapartida, na iniciativa privada, já existem empresas que detêm essas tecnologias e comercializam equipamentos para a produção desse tipo de asfalto (BANKUTI; BANKUTI, 2014).

As concessionárias que administram cerca de 5.000 km de rodovias no Brasil já têm utilizado tanto a reciclagem do asfalto antigo quanto a produção de malha asfáltica com asfalto de borracha (MAZZUCO, 2019). Contudo, o Governo, em âmbito Municipal, Estadual e Federal, que detém os outros 160.000 km das rodovias brasileiras, ainda não se manifestou com relação à utilização em larga escala dessa tecnologia (BEDUSCHI, 2014). Cabe ressaltar que seu uso não é recente, haja vista que os Estados Unidos já o utilizam desde o século XIX e tantos outros países o seguiram: África do Sul, China, Austrália, Suécia, Holanda, Espanha, França, Japão, Colômbia, Chile (BERTOLLO, 2001).

Em termos legislativos, o Brasil não possui instrumento normativo que vise à obrigatoriedade da inclusão da borracha no cimento asfáltico. Contudo, vigora a resolução do CONAMA n°258/99 que determina a obrigatoriedade das empresas fabricantes e das importadoras de pneumáticos a coletar e a dar um destino ambientalmente adequado aos pneus inservíveis (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1999).

Nesse contexto, em vista dos presentes desafios para a disseminação da tecnologia, o objetivo dessa pesquisa consiste em investigar as vantagens ambientais da utilização do asfalto de borracha no Brasil.

METODOLOGIA

O procedimento metodológico utilizado por este estudo consiste em uma pesquisa bibliográfica que procura iniciar a sua compreensão a partir do levantamento dos conceitos teóricos já realizados sobre um determinado tema, publicadas por vários escritos e eletrônicos, seja em livros, monografias, websites, dentre outros. Haja vista que se trata de uma pesquisa qualitativa, não se envolvem representações numéricas, mas o aprofundamento da compreensão teórica sobre o assunto. Sendo ainda essa descrita como básica, deve-se entendê-la como sendo uma pesquisa que buscar gerar novos conhecimentos, sem necessariamente esses advirem de uma aplicação prática imediata (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

É vital ressaltar ainda que os materiais utilizados como fonte de pesquisa passaram por uma prévia seleção de conteúdo a fim de se avaliar sua relevância ao tema/objetivo do estudo. Tal ato permitiu que os conteúdos selecionados se tornassem base segura para a produção do estudo em si. Os conteúdos selecionados foram coletados de artigos e livros, de publicação nacional, tendo sido publicados nos últimos dez anos. Os artigos foram coletados no acervo público digital, de sites como Scielo e Lilacs, onde as palavras-chave foram: sustentabilidade, pneus inservíveis, asfalto borracha, construção civil e pavimentação.

DESENVOLVIMENTO

Apresenta-se nas seções os resultados e discussões, aborda-se impactos causados ao meio ambiente pelas indústrias e o asfalto de borracha e sua relação com o desenvolvimento sustentável.

Impactos causados ao meio ambiente pelas indústrias

Para Moreira (2003), o Brasil conheceu o grande impulso capitalista tendo como sustentação o Estado, as empresas transnacionais e as nacionais, quando se estruturou uma rápida matriz industrial em território brasileiro. Isso propiciou a instalação de vetores produtivos em vários ramos: química-petroquímica, mecânica, indústria de transporte, madeireira, papel e celulose e indústria de minerais não metálicos, que têm fortes componentes impactantes ao ambiente.

No processo de industrialização da economia brasileira, houve graves deficiências no que se refere às tecnologias de tratamento, reciclagem e reprocessamento. Portanto, faltaram cuidados e elementos tecnológicos relacionados à preservação da natureza e do ambiente.

Segundo Moreira (2003, p. 31), o Brasil pecou em concentrar na área urbana suas atividades econômicas, principalmente as do setor industrial, gerando "expressivo elenco de problemas ambientais, referentes à inadequação residencial, insalubridade, desastres ecológicos, ocupação descontrolada, degradação do solo, entre outros impactos". Um caso de grande destaque se refere à cidade de Cubatão (SP), com aguda poluição ambiental atmosférica e hídrica proveniente da elevada concentração industrial.

O asfalto de borracha e sua relação com o Desenvolvimento Sustentável

Com a evolução da consciência ambiental, em 1987, foi publicado o relatório intitulado "Nosso Futuro Comum", com patrocínio da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e desenvolvimento, criada na Assembleia Geral das Nações Unidas. Esse documento respondeu positivamente à proposta do desenvolvimento sustentável, conceito introduzido em 1983 como proposta do Conselho de Administração do PNUMA (MOREIRA, 2003).

A legislação que dispõe sobre o meio ambiente e consequentemente ao desenvolvimento sustentável é a Resolução CONAMA nº 001/86 (MOREIRA, 2003). A resolução citada estabelece as definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), bem como, a exigência do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para o licenciamento de atividades (MOREIRA, 2003).

Os Estados Unidos foram pioneiros na industrialização e nas parcerias estratégicas com outras potências para a expansão de seus mercados que desde a Primeira Guerra Mundial lhes deu uma ampla vantagem. Contudo, países emergentes, como o Brasil, têm lutado por espaços para os seus serviços e produtos no mercado internacional e, no caso do asfalto ecológico, estamos a desenvolver tecnologias para o seu uso mais alargado.

Segundo Pupo (2011), o asfalto ecológico já é utilizado amplamente nos Estados Unidos e os especialistas o consideram como futuro das rodovias, mas sua aplicação em larga escala no Brasil ainda não é amplamente disseminada, principalmente devido ao custo.

O asfalto é uma substância com uma longa história, pois os primeiros registros são do ano 3000 a.C., ocasião em que ele era usado para conter vazamentos de águas em reservatórios. Pouco tempo depois, começou a ser utilizado para pavimentar estradas no Oriente (OLIVEIRA, 2018). Naquela época, não era extraído do petróleo, mas de um piche retirado de lagos pastosos. Pode ser definido como:

> Betume espesso, de material aglutinante escuro e reluzente, de estrutura sólida, constituído de misturas complexas de hidrocarbonetos não voláteis de elevada massa molecular, além de substâncias minerais, resíduo da destilação a vácuo do petróleo bruto. Não é um material volátil, é solúvel em bissulfeto de carbono, amolece a temperaturas entre 150°C e 200°C, com propriedades isolantes e adesivas. Também denomina a superfície revestida por este betume. É muito usado na pavimentação de ruas, estradas e aeroportos (NOVO GUIA, 2011, p. 1).

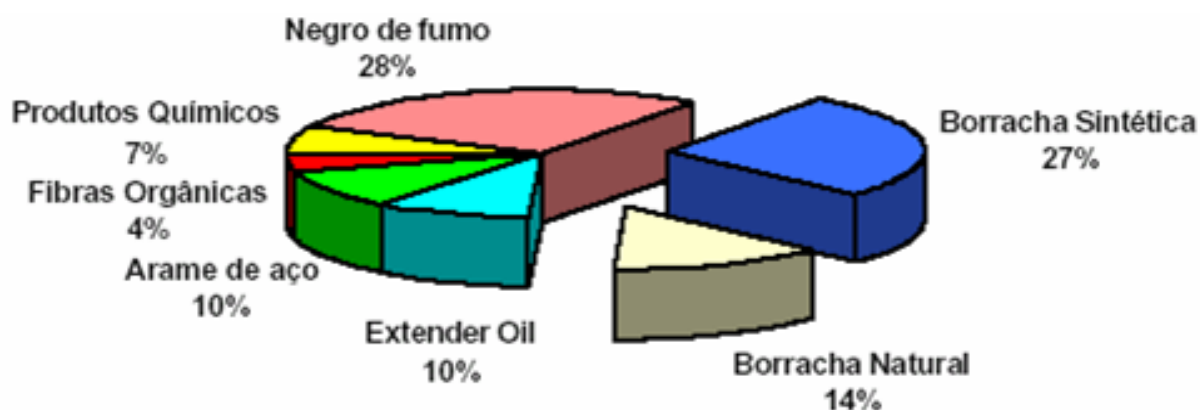
Os tipos de asfalto variam de acordo com sua densidade e sua aplicabilidade. Portanto, apresentam diferentes padrões: Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP); Asfalto Diluído de Petróleo (ADP); Emulsão Asfáltica (NOVO GUIA, 2011).

A opção pelo tipo de asfalto dependerá da necessidade, conforme o trânsito que ele suportará. Sendo assim, a adoção de um revestimento de alto, médio ou baixo padrão levará em conta a sua utilização e o número e tipo de veículos leves ou pesados que transitem na rodovia, o que vai determinar a vida útil adotada para o pavimento, material disponível, composição das camadas inferiores do pavimento, dentre outros aspectos (MACHADO, 2013).

Os pneus, já utilizados e reutilizados após um recapeamento por vulcanização, tornam-se uma séria ameaça ao ambiente, pois são de difícil degradação e armazenamento. Os pneus inservíveis são classificados como resíduos classe III pela Norma Brasileira 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e causam problemas, tais como: instabilidade em aterros sanitários; incineração com facilidade, liberação de gases e óleos tóxicos e cancerígenos com a sua combustão; acúmulo de água e favorecimento da proliferação dos vetores da dengue, zika, febre amarela quando dispostos a céu aberto (ORSI; SIMON, 2011).

O pneu é um produto essencial ao transporte rodoviário, às máquinas, aos aviões e, durante sua vida, garante a segurança dos usuários, melhor desempenho, estabilidade e performance dos veículos (OLIVEIRA; CASTRO, 2007).

A Figura 1 descreve a porcentagem de cada item da composição de pneus radiais para automóveis.

Figura 1 - Composição de Pneus Radiais para Automóveis

Fonte: Oliveira e Castro (2007, p. 4).

Segundo Oliveira e Castro (2007), os pneus podem ser transformados em óleo, gás e enxofre. Com relação aos arames que existem nos pneus radiais, eles podem ser separados por meios magnéticos, sendo que uma tonelada de pneus rende cerca de 530 kg de óleo, 40 kg de gás, 300 kg de negro de fumo e 100 kg de aço.

A Tabela 1 apresenta os dados de rendimento da pirólise de pneus de procedências distintas conforme sua temperatura de retortagem. A pirólise possibilita o reaproveitamento de 90% dos materiais que compõem os pneus (OLIVEIRA; CASTRO, 2007).

Tabela 1 - Rendimento da Pirólise de Pneus de diversas procedências segundo a temperatura de retortagem

Temperatura de Pirólise, [ºC]	Gás [%]	Óleo [%]	Negro de fumo [%]
500	6	42	52
530 (Ensaio Fisher)	7(*)	45	40
600	10	50	40
700	15	47	38
800	31	40	29

Fonte: Novicki e Martignoni (2000, p. 40).

Os impactos ambientais causados por pneus inservíveis são muito grandes. Portanto, faz-se necessário seu gerenciamento ambientalmente adequado, buscando-se priorizar o uso de novas tecnologias de reutilização e de reciclagem. É certo que há muitas dificuldades relacionadas à reciclagem de pneus. Projetados para durar e suportar duros desafios, são muito resistentes devido à sua complexa estrutura e à composição da borracha (OLIVEIRA; CASTRO, 2007). Sendo assim, entende-se que os pneus inservíveis devem voltar às estradas, no entanto, sob a forma de asfalto, que proporciona maior durabilidade do piso asfáltico, uma maior aderência e redução dos ruídos de atrito (FRITZEN, 2005).

Segundo Lima (2011), a Rodovia dos Bandeirantes tem recebido durante o ano de 2011, um novo asfalto ecológico, entre São Paulo e Campinas, pois a CCR AutoBAn, que é a responsável pela administração da Rodovia, tem desenvolvido dupla tecnologia: asfalto reciclado com o reaproveitamento do antigo piso fresado e borracha de pneus velhos na composição. Há um trecho modelo de cerca de 7 km, mas a meta é atingir 600 km de pistas reformadas.

> Segundo Guilherme Bastos, gestor de investimentos do grupo CCR AutoBAn, o processo de revitalização do pavimento é composto por duas fases. Na primeira etapa, há a reciclagem do asfalto da pista, onde o asfalto é retirado, triturado e enriquecido com cimento e pó de pedra, para depois ser reaplicado. O processo de reciclagem ocorre em uma usina de reciclagem localizada ao lado da pista no km42, que produz 200 t de material reciclado por hora. A reciclagem do pavimento da rodovia evitará que 84 mil m³ de asfalto velho sejam jogados em aterros. (LIMA, 2011, p. 1)

A inclusão da borracha na mistura modifica as características químicas e físicas do ligante, gerando maior resistência à fadiga e à deterioração que são propriedades primordiais para pavimentos mais duradouros (YUNES, 2007, p. 18).

CONCLUSÃO

A qualidade ambiental relacionada ao asfalto sustentável, atualmente é conseguida por meio da utilização da reciclagem do asfalto antigo, por processos diversos, tais como a reciclagem *in situ*, a reutilização de asfalto com recicladoras de pavimento a frio ou usinas de reciclagem a frio, utilizando espuma de asfalto a reciclagem realizada no local da fresagem (*in situ*).

No entanto, de todas essas tecnologias, há que se destacar a utilização dos pneus inservíveis na mistura asfáltica que apesar do custo um pouco mais elevado traz inúmeros benefícios. Em especial, aqueles relacionados ao desenvolvimento sustentável, pois retira milhões de pneus inservíveis que são rejeitados como lixo todos os dias. Em segundo lugar, vale destacar que sua durabilidade supera em 50% a do asfalto tradicional, dá mais aderência ao piso asfáltico e reduz ruídos causados pelo atrito.

Nesse sentido, destacadas essas vantagens do uso do material, entende-se que o objetivo geral de investigar as vantagens ambientais da utilização do asfalto de borracha no Brasil foi atingido.

REFERÊNCIAS

BANKUTI, S. M. S.; BANKUTI, F. I. Gestão ambiental e estratégia empresarial: um estudo em uma empresa de cosméticos no Brasil. **Gestão & Produção**, v. 21, n. 1, p. 171-184, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo. php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2014000100012&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 18 set. 2020.

BEDUSCHI, E. F. S. Utilização de pneus inservíveis na composição da massa asfáltica. **UNIEDU**, 2014. Disponível em: http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2014/04/eliane_fatima_strapazzon1.pdf. Acesso em: 20 ago. 2020.

BERTOLLO, S. A. M. **Avaliação laboratorial de misturas asfálticas densas modificadas com borracha reciclada de pneus**. 2002. 252 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-14122015-152916/publico/Tese_Bertollo_SandraAM.pdf. Acesso em: 10 Set 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 258,** de 26 de agosto de 1999. Publicada no DOU no 230, de 2 de dezembro de 1999, Seção 1, página 39. 1999.

FRITZEN, M. A. **Avaliação de Soluções de Reforço de Pavimento Asfáltico com Simulador de Tráfego na Rodovia Rio Teresópolis.** 2005. 267f. Tese (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa.** Porto Alegre: UFRGS, 2009.

KLINSKY, L. M. G.; FARIA, V. C. **Asfalto de Borracha**: **revisão bibliográfica, avaliação reológica do ligante asfáltico e determinação dos parâmetros mecânicos das misturas asfálticas**. Brasilia: ANTT, 2017. 147f.

MACHADO, D. M. C. **Avaliação de Normas de Identificação de Defeitos para fins de Gerência de Pavimentos Flexíveis**. 2013. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MAZZUCO, A. **O estado da arte da reciclagem de pavimentos asfálticos no Brasil**. CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. 10., 2019. Fortaleza/CE – 04 a 07/11/2019. Disponível em: https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos 2019/III-097.pdf. Acesso em: 20 ago 2020.

MOREIRA, H. F. **O Desenvolvimento Sustentável no Contexto do Setor Mineral Brasileiro.** 2003. 46f. Monografia (Obtenção de Diploma) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/desen_sust.pdf. Acesso em: 2 ago 2020.

NOVICKI, R. E. M.; MARTIGNONI, B. N. V. **Retortagem de Pneus**. Brasília: Petrobras, 2000.

Como é feito o asfalto. **NOVO GUIA Barretos**. 2011. Disponível em: http://www.novoguiabarretos.com/paginas/nosso%20asfalto.html. Acesso em: 2 ago 2020.

OLIVEIRA, C. S. **Análise comparativa técnico-econômica entre os pavimentos de concreto asfáltico e blocos intertravados de concreto**. 2018. 107f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2018. Disponível em: http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/7422/Cinara+Souza+de+Oliveira_.pdf?sequence=1. Acesso em: 15 ago 2020.

OLIVEIRA, O. J.; CASTRO, R. **Estudo da destinação e da reciclagem de pneus inservíveis no Brasil**. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 27., 2007. Associação Brasileira de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, 2007.

ORSI, Á.; SIMON, C. L. **Asfalto Borracha**: **uma alternativa ambiental para pneus em desuso.** UFRGS. 2011. Disponível em: http://www6.ufrgs.br/ensino dareportagem/meiob/asfaltob.html>. Acesso em: 15 ago. 2020.

PUPO, F. Custo barra uso de asfalto ecológico. **Valor Econômico**. 2011. Disponível em: http://www.seesp.org.br/site/cotidiano/1817-custo-barra-uso-de-asfalto-ecologico.html. Acesso em: 15 ago 2020.

RAMALHO, A. V. F. **Uma análise dos benefícios com a utilização do asfalto borracha nas rodovias do Brasil**. 2009. 77f. Monografia (Tecnólogo em Logística) - Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, São Paulo, 2009.

YUNES, B. **Asfalto borracha aumenta durabilidade de estradas e é destino para pneus velhos**. 2011. Disponível em: http://www.agenciat1.com.br/7320-asfalto-borracha-aumenta-durabilidade-de-estradas-e-e-destino-para-pneus-velhos/. Acesso em: 2 ago 2020.

APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA HORTA COMUNITÁRIA NA CIDADE DE MARINGÁ/PR

USE OF RAINWATER FOR A COMMUNITY GARDENS IN THE CITY OF MARINGÁ/PR

Matheus da Cunha **Dourado**
Orlando **Donini Filho**

RESUMO

A água é um recurso natural limitado e necessário para a vida, e assuntos como a conservação e preservação dos recursos hídricos vêm sendo cada vez mais discutido no nosso dia a dia. As técnicas de aproveitamento de água pluvial são soluções sustentáveis que possibilitam o uso racional da água, proporcionando a conservação dos recursos hídricos. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de economia de água potável obtido por meio da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis e sua reutilização da água de uma horta comunitária localizada na rua Maria Thereza Bergamasco, s/n - Vila Esperança, na cidade de Maringá-PR. Com base nos dados da média mensal de m³ de consumo de água deste estabelecimento comunitário e utilizando os métodos sugeridos pela norma NBR 15.527:2019 para obtenção do volume de água pluvial aproveitável, foi possível demonstrar a economia média em torno de 31,58% de água potável e demonstrar a viabilidade do projeto.

Palavras-chave: Água. Aproveitamento de água pluvial. Soluções sustentáveis.

ABSTRACT

It is observed that water is a limited natural resource and necessary for life, issues such as the conservation and preservation of water resources have been increasingly discussed in our daily lives. The techniques for using rainwater are sustainable solutions that enable the rational use of water, providing the conservation of water resources. The present study aimed to evaluate the potential for saving drinking water obtained through the implementation of a rainwater harvesting system for non-drinking purposes and its reuse of water from a community garden located on Rua Maria Thereza Bergamasco,s/n -Vila Esperança, in the city of Maringá- PR, based on the data of the monthly average m³ of water consumption of this community establishment and using the methods suggested by the NBR 15.527: 2019 standard to obtain the usable rainwater volume, it was possible to demonstrate the average savings around 31,58% of water drinking water and demonstrate the feasibility of the project.

Keywords: Sustainable solutions. Use of rainwater. Water.

INTRODUÇÃO

É evidente o problema com a escassez de água no Brasil, devido à grande demanda e poluição, e com isso estão sendo tomadas medidas destinadas a promover o melhor uso da água, mas ainda sendo um grande desafio dos recursos hídricos existentes (AZEVEDO NETTO *et al.,* 1998). Deste modo, os recursos hídricos podem ser classificados em dois grandes grupos: os renováveis e os não renováveis. A água é um exemplo de recurso renovável (BRAGA *et al*., 2005).

Em uma visão externa o planeta terra é composto por 97,5% de água salgada, o que torna muito difícil a dessalinização para adequá-la ao consumo humano, e os 2,5% restantes são de água doce, os quais 69% encontram-se em geleiras e 30% como água subterrânea; 0,7% umidade do solo, ar e solos congelados, e somente 0,3% estão disponíveis em rios e lagos para consumo humano (COIMBRA; ROCHA, 1999).

Com o desrespeito que as pessoas têm com a água doce, o aproveitamento de águas pluviais se tornou um método muito eficaz para o problema de escassez de água nos grandes centros urbanos, resultando em uma condição muito importante para a utilização das águas pluviais em determinadas áreas, favorecendo assim a implantação do sistema de águas pluviais, ou seja, levando em conta grande área de captação e elevado consumo de água da mesma. As águas pluviais apresentam grande influência devido às condições locais como proximidade as rodovias, presença de vegetação arbórea entre outras, e esta condição é favorável para incentivar o uso de águas pluviais como meio de opção hídrica (MONTIBELLER; SCHMIDT, 2004).

A captação consiste basicamente em captar a água que cai no telhado, varanda ou em uma laje, e a locomoção mais comum desta água se dá por meio de calhas e levando-as a cisternas ou reservatórios (SANTANA, 2006).

Um dos grandes desafios do aproveitamento de águas pluviais é o armazenamento da mesma, e para isso usa-se atualmente o dimensionamento de reservatórios e é feito por meio do método de vazão, e esse método depende do tipo de dados de precipitação utilizados do local de implantação, sendo que o armazenamento pode ser feito por meio de cisternas ou reservatórios (SANTANA, 2006).

O desenvolvimento da captação e utilização da água da chuva no país já possibilitou inclusive a criação da Associação Brasileira de Manejo e Captação da Água de Chuva (ABCMAC) órgão responsável por reunir equipamentos, instrumentos e serviços sobre o assunto, proporcionando melhores soluções e métodos mais eficazes sobre a questão de captação de água (MONTIBELLER; SCHMIDT, 2004).

O presente trabalho representa um estudo de aproveitamento de águas pluviais para horta comunitária na cidade de Maringá/PR, com o intuito de demonstrar o potencial e a eficácia de economia de água tratada fornecida pela concessionária de águas por meio da implantação de um sistema de captação de água de chuva para utilização em fins não potáveis.

MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar a intensidade pluviométrica e a infraestrutura responsável para captação da água da chuva utilizaremos a NBR-10844:1989 Instalações prediais de água pluvial. Esta norma identifica níveis aceitáveis de funcionalidade do método, garantindo segurança, conforto, higiene, durabilidade e economia, sendo assim esta norma tem como objetivo garantir que todas as medidas citadas acima possam ser cumpridas com os devidos critérios de projeto de drenagem de águas pluviais.

Para a intensidade pluviométrica da região de Maringá/PR, utilizamos dados fornecidos pela Estação Climatológica Principal do Paraná- ECPM/UEM. O Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná – SIMEPAR - é a responsável pela identificação do clima do Paraná por conta do Trópico de Capricórnio atravessar exatamente na cidade de Maringá, sendo assim a cidade de Maringá está localizada no noroeste do Paraná e é classificada como clima de região subtropical, a qual possui chuvas bem distribuídas durante o ano, com média pluviométrica anual de 1500 milímetros, sendo que nos meses de inverno as precipitações são mínimas e nos meses de primavera e verão as precipitações são máximas.

Com a intensidade pluviométrica, inicia-se os dimensionamentos relativos a captação de água da chuva, que estão relacionados com a área de captação, vazão de projeto, calha, condutores verticais, cisterna ou reservatório. Proporcionando de tal modo uma boa eficácia na aplicação do método.

Para determinar a área de captação utilizamos a Equação 1.

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right).\,b \qquad (1)$$

Sendo:
A = área de captação, em m².
a = distancia da cumeeira do telhado até a sua borda, em metros.
h = altura do pendural do telhado, em metros.
b = comprimento do telhado, em metros.

Com esses dados obtém-se a vazão de projeto pela Equação 2:

$$Q = \frac{I.A}{60} \qquad (2)$$

Sendo:

Q = vazão de projeto, em m³/s
I = intensidade pluviométrica, em mm/h.
A = área de captação, em m².

Na sequência, determina-se a vazão nominal dos nossos condutores verticais como os horizontais, por meio dos ábacos da NBR 10844:1989. Para o cálculo da cisterna utilizamos a NBR 15527:2019 - Aproveitamento de água de chuvas de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. Esta NBR se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuvas podem ser utilizadas após tratamento adequado como o reaproveitamento a que se destina, no presente caso, para a Horta comunitária.

Para o cálculo utilizamos a Equação 3:

$$V = P.A.C.N \qquad (3)$$

Sendo:

V = é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável, em m³.

P = é a precipitação média anual, mensal ou diária, em mm.

A = é a área de coleta, em m².

C = é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura, (adimensional) = 0,95;

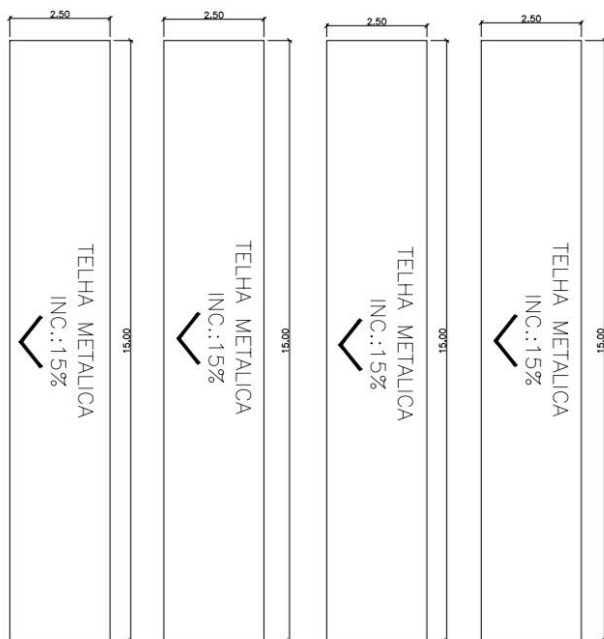
N = é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, adotado = 0,85.

A Equação 3 faz parte do Método de Rippl na qual podemos utilizar dados mensais ou diários para os cálculos acima descritos. Esse método, no entanto, é utilizado para estimar a capacidade do reservatório de água de chuva.

Local de estudo

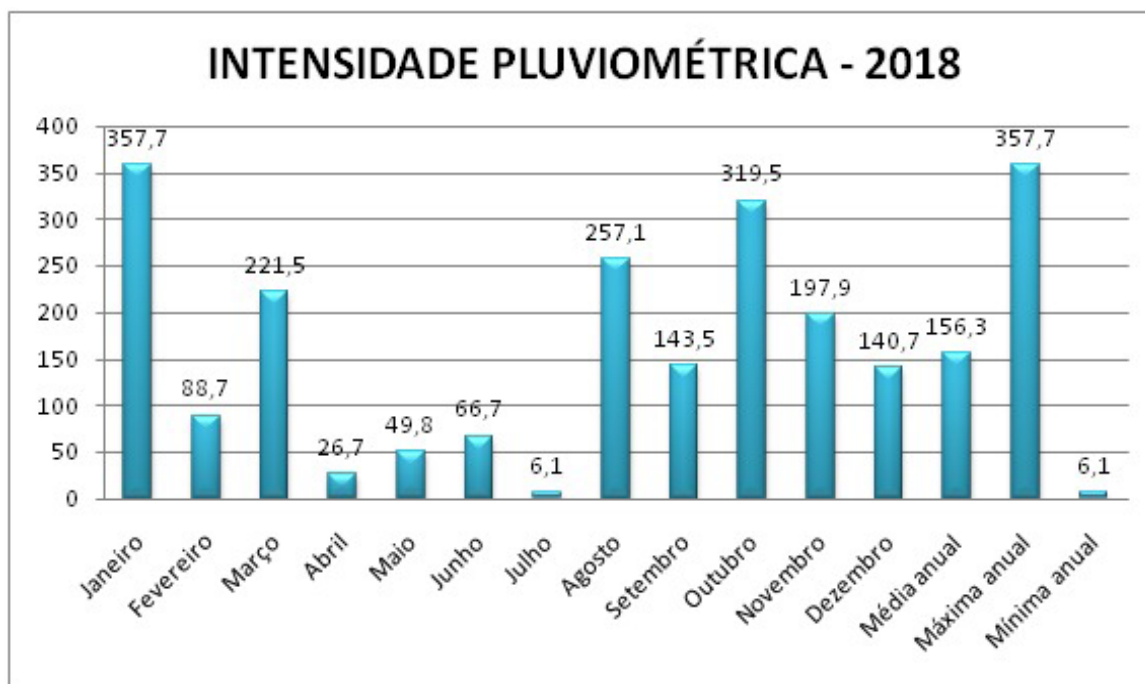
Este estudo foi realizado na Horta Comunitária Vila Esperança, localizada na Rua Maria Thereza Bergamasco, s/n – Vila Esperança. Esse estabelecimento comunitário, objeto do estudo, é composto por várias coberturas (Figura 1), separadas, cada uma composta por 1 água, cujo telhado é coberto com telhas metálicas, e a superfície de telhado para obtenção do volume de água a ser captado pode ser vista na planta de cobertura da edificação. Foi utilizado o software AutoCAD 2018 para projetar essa cobertura com as dimensões obtidas *in loco* utilizando trena metálica de 50 metros.

O sistema total de captação mede 150,0 m² e o gestor do estabelecimento em estudo optou por instalar telhas metálicas e calhas de captação de água da chuva e adquirir reservatórios pré-fabricados para estocagem de água não potável, sendo que os reservatórios em PVC têm capacidades para 10.000 litros, para armazenar a água de chuva coletada e proceder a reutilização da mesma na horta.

Figura 1 - Dimensões da cobertura da horta comunitária em estudo, com 15 metros de comprimentos e 2,5 metros de largura

Fonte: os autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados pluviométricos utilizados são de 2018 referente aos meses de janeiro/2018 a dezembro/2018 foram obtidos junto à ECPM/UEM, que disponibiliza os dados coletados para cidade de Maringá-PR, como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 - Intensidade pluviométrica da cidade de Maringá-PR para o ano de 2018

Fonte: os autores.

Como apresentado no Figura 2, utilizamos a média ponderada de intensidade pluviométrica de precipitação média anual de 156,3 milímetros, pois este valor trata-se da média anual utilizada no método de Rippl, devido ao reservatório tratar-se de um reservatório para armazenar água durante o ano.

Utilizando-se as dimensões de 37,5 m² por área de captação e inclinações de 15% por área de captação demonstradas na Figura 1 e utilização de telha metálica para não ocorrer peso excessivo na estrutura implantada, foram determinadas as áreas de contribuição da coleta d'água da horta comunitária do presente em estudo num total de 150,0 m².

Após, com a precipitação média anual e a área total de captação, foi possível determinar o potencial de volume de água pluvial a ser captado para o sistema utilizando-se o Método de Rippl, fornecido pela Equação 3.

Valores obtidos:

Precipitação média anual de: 156,3 mm.
Área total de captação:150,0 m²

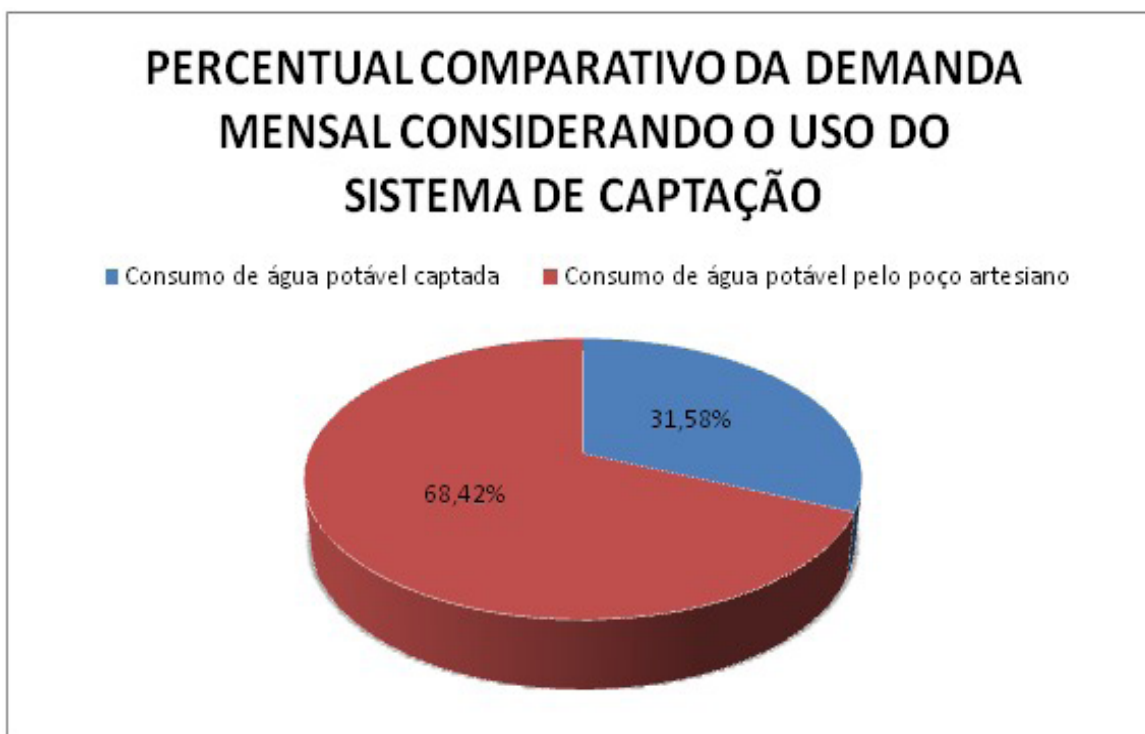
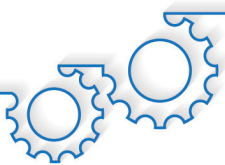
Logo, o volume aproveitável é dado por:

$$V = P \,.\, A \,.\, C \,.\, N \qquad (3)$$

V= 156,3 * 150,0 * 0,95 * 0,85
V = 18.931,84 litros = 18,93 m³

Com esse volume de água pluvial a ser captado pelo sistema determinado em 18,93 m³ e comparando-se com a necessidade de água mensal do estabelecimento comunitário, obtida por meio de informações fornecidas pelo gestor do estabelecimento foi de 3 m³ mensais por produtor, sendo que a horta comunitária conta com 20 produtores subdivididos.

Assim, o total necessário de água para o estabelecimento comunitário é de 60 m³ mensais, e desta forma verificamos que a capacidade de coleta instalada representa o percentual de 31,58% da demanda mensal necessária para suprir a demanda da horta comunitária, e com isso diminuindo significativamente o consumo de água potável retirada do poço artesiano, conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3 - Consumo mensal de água na horta comunitario

Fonte: os autores.

O custo de implantação do sistema ficou em aproximadamente R$7.000,00, valor este compreendido entre reservatórios de PVC, tubulações de PVC, telha metálica e acessórios.

Como a horta também é abastecida por água de poço artesiano, essa capacidade econômica demonstrada pelo sistema de aproveitamento de água pluvial reflete diretamente no prolongamento da vida útil deste poço, visto que o mesmo estará sendo solicitado somente quando os reservatórios de água de chuva esvaziarem por completo por falta de precipitação ou pela maior demanda por serviços, ou ainda, se o gestor optar por alternar água de captação de chuva com água do poço artesiano, simultaneamente, durante o uso. Levando-se em conta tarifas industriais cobradas pela Companhia de Saneamento do Paraná SANEPAR no valor de R$55,84 reais mensais para o afastamento do esgoto de águas pluviais em até 20 m³ de esgoto, mais R$7,17 para os demais m³ excedentes, conclui-se que na combinação da utilização do abastecimento por poço artesiano em conjunto com o aproveitamento da água pluvial instalado no sistema adotado, e utilizando-se o custo do afastamento de esgoto sanitário, o estabelecimento economizará um total de R$342,64 reais por mês.

Se considerarmos essa economia mensal proporcionada por esta implantação, o tempo de retorno do montante investido no sistema de aproveitamento de águas pluviais é de, aproximadamente, vinte meses.

CONCLUSÃO

A média de precipitação para a cidade de Maringá, no Estado do Paraná, confirma que a região é promissora para adotar métodos de aproveitamento da água de chuvas. Esse tipo de sistema de aproveitamento de água é de suma importância para a economia da Horta.

Os resultados obtidos neste trabalho contribuirão para a construção de 4 áreas de captação de águas pluviais na Horta Comunitária - Vila Esperança, localizada na cidade de Maringá/PR, cuja área de captação é aproximadamente 150,0 m^2 totais.

Finalizando, foi possível comprovar que o uso e reuso de águas de chuva, além de ser mais vantajoso para o gestor se torna vantajoso também para o município de Maringá, fazendo com que a companhia estatal de tratamento de água e esgoto economize em energia e mão-de-obra, podendo ainda, ser visto como um empreendimento sustentável, e proporcionando ao estabelecimento comunitário autonomia sobre o consumo de água.

REFERÊNCIAS

ANDREASI, W. A. A. **Atual demanda urbana de água**: **uma breve discussão**. Trabalho apresentado à disciplina de Uso Racional de Água do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA. 2020. Disponível em: http://www.abcmac.org.br/ Acesso em: 25 maio. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**:1989 Instalações prediais de águas pluviais - Procedimento. Norma Técnica Brasileira. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS**. NBR 15527**:2019. Aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis – Requisitos. Norma Técnica Brasileira. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

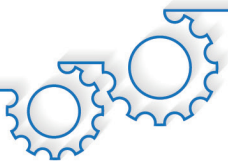
AZEVEDO NETTO, J. M. *et al*. **Manual de Hidráulica.** 8. ed. São Paulo: Blucher, 1998.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à engenharia ambiental:** o desafio do desenvolvimento sustentável. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BROWN, L. R. **Crescimento populacional condena à indigência hidrológica.** Projeto Integrado de Ciências e Matemática para Professores da Rede Pública. UFSCar/CAPES/SEE/DE. Pró Ciências, 2002.

COIMBRA, R.; ROCHA, C. L.; BEEKMAN, G. B. **Recursos Hídricos: conceitos, desafios e capacitação.** Brasília: ANEEL, 1999.

GRIBBIN, J. E. **Introdução a Hidráulica, Hidrologia e Gestão de Águas Pluviais.** São Paulo: Cengage Learning, 2009.

MONTIBELLER, A; SCHMIDT, R. W. **Análise do Potencial de Economia de Água Tratada através da Utilização de Água Pluvial em Santa Catarina.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SANTANA M. V. **Análise de Consumo de Água: Condomínio Residencial em Florianópolis.** Trabalho apresentado à disciplina de Uso Racional de Água do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

COMPARATIVO DE CUSTO DA CONSTRUÇÃO ENTRE PAREDES DE DRYWALL E EM BLOCO CERÂMICO

COMPARISON OF CONSTRUCTION COST BETWEEN DRYWALL AND CERAMIC BLOCK WALLS

Mauricio Correia **Rissato**
Lourival Domingos **Zamuner**

RESUMO

Por meio de novas tecnologias, as grandes e médias construtoras no Brasil têm buscado novos modelos de construção a serem inclusos no ramo. Entre eles, ocorre à substituição das vedações internas, que é feita em alvenaria convencional, por drywall, que trata de uma tecnologia nova no país e ainda apresenta muita resistência por parte dos consumidores, quanto sua resistência e durabilidade. Este trabalho traz como objetivo principal comparar o custo entre os sistemas de drywall e parede convencional de vedações internas de uma edificação. Para realizar tal análise, foi exposto o valor de mão de obra, custo dos materiais de ambos os métodos, sendo todos estes itens encontrados na Tabela de Composições de Preços para Orçamento (TCPO). Com os resultados, foi possível avaliar que o sistema drywall é uma solução para vedações internas que possui um custo mais elevado que a alvenaria convencional. Porém, se analisar os custos formados pela mão-de-obra e insumos de hidráulica e elétrica, quando comparado com o sistema drywall, a alvenaria convencional se torna mais cara. Além disso, pelo tempo dispendido em que as paredes de drywall são executadas, conclui-se que o mais viável dos métodos a ser utilizado é o de drywall.

Palavras-chave: Alvenaria. Custo financeiro. Drywall. Gesso acartonado e Vedações.

ABSTRACT

Through new technologies, large and medium sized construction companies in Brazil have been seeking new construction models to be included in the industry. Among them, it occurs the replacement of internal seals, which is made in conventional masonry, by drywall, which deals with a new technology in the country and still presents much resistance on the part of consumers, as to their strength and durability. The main objective of this work is to compare the cost between the drywall systems and the conventional wall of internal fences of a building. In order to perform such analysis, the labor value, material cost of both methods were exposed, and all these items were found in the Table of Price Compositions for Budget (TCPO). With the results, it was possible to evaluate that the drywall system is a solution for internal fences that has a higher cost than conventional masonry. However, if one analyzes the costs formed by labor and hydraulic and electrical inputs, when compared with the drywall system, conventional masonry becomes more expensive. In addition, the time spent on drywall walls, it is concluded that the most viable of the methods to be used is that of drywall.

Keywords: Drywall. Fences. Financial cost. Masonry and Plasterboard.

INTRODUÇÃO

O setor da construção civil possui grande importância no Brasil frente aos aspectos econômicos e tecnológicos e proporciona uma interferência muito grande frente aos aspectos naturais. Utiliza também os recursos naturais de uma forma substancial, sendo na obtenção da matéria-prima de diversos componentes da construção civil, como também pela grande quantidade de entulhos gerados pela construção, assim como pela utilização do espaço urbano (VIEIRA, 2006).

É notável a modernização da construção civil em nosso país, além da agilidade e rapidez que se é cobrada dos gestores dessas construções. Por isso, construtores e engenheiros vêm buscando métodos que proporcionam alto desempenho, fácil manutenção, rapidez de execução e baixo custo, com vistas a satisfazer os clientes (PESSANHA, 2002).

É nesse sentido que, em contrapartida com o método mais utilizado de vedação hoje no país, (que é a alvenaria convencional), tem-se o sistema drywall (FRANCO, 1998).

O drywall, em tradução livre, significa "parede seca". Isso implica em não haver necessidade de argamassa para sua construção, diferente do que ocorre com a alvenaria convencional. A parede de drywall é composta por uma estrutura rígida formada por perfis de aço galvanizado, nos quais são parafusadas as chapas de gesso próprias para esse sistema (ROCHER DRYWALL, 2015).

Uma das grandes vantagens de se utilizar o sistema drywall é que este possui características que impactam de forma positiva o desempenho acústico, aumentam a produtividade, flexibilidade dos layouts das edificações, redução de peso da estrutura, redução de espaços por espessuras de paredes e inúmeras possibilidades estéticas, item que é obrigatório em construções e reformas de edifícios, evitando assim o desperdício de tempo e materiais. Por conta disso, o sistema cresce a taxas 3 a 4 vezes superiores aos outros sistemas presentes no Brasil (PLACO SAINT-GOBAIN, 2014).

As paredes construídas com drywall são ocas em seu interior, e por ele passam as instalações de fiação elétrica, sistemas hidráulicos, de telefonia, lógica, entre outros (ROCHER DRYWALL, 2015).

Segundo a NBR 14715:2001, para se executar uma parede de drywall, basicamente utilizam-se as placas Standard (ST), nas quais são fixados montantes de guias com sua composição de aço galvanizado. As placas de drywall são produzidas com gesso e um papel que envolve sua área externa, denominado cartão. São caracterizadas como chapas de drywall quando o processo de laminação é continuo e há uma mistura de água, aditivos e gesso, entre duas lâminas de cartão (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001).

Além da placa Standard (ST), outras placas também são fabricadas (PLACO SAINT-GOBAIN, 2014). A placa resistente ao fogo possui a designação (RF). Como o próprio nome diz, sua principal característica é resistir ao fogo. Possui coloração rosa, e em sua composição é notado a presença de fibras de vidro (FERGUSON, 1996).

A placa resistente à umidade com a designação (RU) possui melhor desempenho quando se considera a umidade de ambiente a ser utilizada. Ela geralmente é utilizada em sanitários, cozinhas, lavanderias e similares e na sua composição é observado a presença de fibras de celulose e silicone (FERGUSON, 1996).

Segundo Placo Saint-Gobain (2014), existem três espessuras de perfil disponível no Brasil atualmente, que são o perfil e a guia de 48 mm; 70 mm e 90 mm.

Segundo a Associação Brasileira do Drywall (2019), o drywall constitui-se num sistema preciso em suas medidas, e seu acabamento é de qualidade única, aceitando todos os tipos de finalizações ou acabamento final, como por exemplo, pintura, azulejos, papel de parede, painéis de madeira, entre outros.

Ainda, uma das vantagens de se utilizar o drywall, segundo Silva (2003), é sua rápida execução, pois seus materiais são pré-fabricados e possuindo os requisitos que a norma exige, e com isso diminui a preocupação em conferir o material.

Entretanto, em contrapartida ao sistema de vedação composto pelo drywall, e de acordo com a NBR 15270-1:2005, que fixa os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos exigíveis nos blocos cerâmicos e que são objetos deste estudo. Nela também é possível obter informações das dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação, e esses blocos cerâmicos são componentes que possuem furos prismáticos e/ou perpendiculares às faces que o contém (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

Os blocos cerâmicos de vedação, tanto o utilizado em alvenarias externas quanto em alvenarias internas, não possuem a função de resistir a cargas verticais, a não ser seu próprio peso (TAGUCHI, 2008).

Ainda, de acordo com a norma NBR 15270-1:2005, os blocos cerâmicos quando produzidos com argila, possuem coloração avermelhada devido ao tipo de solo, devendo possuir ranhuras nas suas faces para facilitar a aderência com a argamassa (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

Segundo a NBR 13754:1996, na execução de paredes em bloco cerâmico, são necessárias várias etapas e ferramentas, e também necessário avaliar o local para armazenar os tijolos e argamassa para que não haja percas. Como método construtivo, também se faz necessário o assentamento da alvenaria de forma igual, não deixando um lado da estrutura mais alto do que o outro, para não haver sobrecarga na estrutura e mantê-la sempre balanceada. Após os tijolos estarem todos assentados nas paredes, essas paredes deverão ser chapiscadas e rebocadas, sendo que o chapisco possui a função de deixar a parede mais rugosa para dar aderência ao emboço/reboco em sua superfície, para após receber a última camada que será a pintura (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996).

Para essa mesma norma, o reboco interno deve possuir, em média, 15 mm de espessura em cada face. No entanto, quando a parede for mal executada e fora de prumo, essa medida pode variar significativamente. Desta maneira, os custos também variam, pois as espessuras da parede irão se modificar (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996).

Com a estrutura de concreto apta a receber as vedações, este momento torna-se importante para definição de qual sistema deve-se adotar, pois a partir dele é determinado todo o planejamento para a continuidade da edificação. Além de influenciar no planejamento e no custo da edificação, também influência no grau de racionalização da obra, pois, interferem nas instalações elétricas e hidro sanitárias, nas esquadrias metálicas e de madeira e nos revestimentos finais (MITIDIERI, 2012).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi de realizar um estudo comparativo de preços entre dois métodos construtivos de vedações, sendo eles o sistema drywall e o sistema de alvenaria convencional nas vedações internas de uma obra localizada na cidade de Maringá, nos quais foram considerados para efeito de orçamentação, os itens como mão-de-obra, custos diretos e indiretos (BDI) e a sua execução, utilizando-se da Tabela de Composições de Preços para Orçamento (TCPO) e planilhas orçamentárias adotando-se o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).

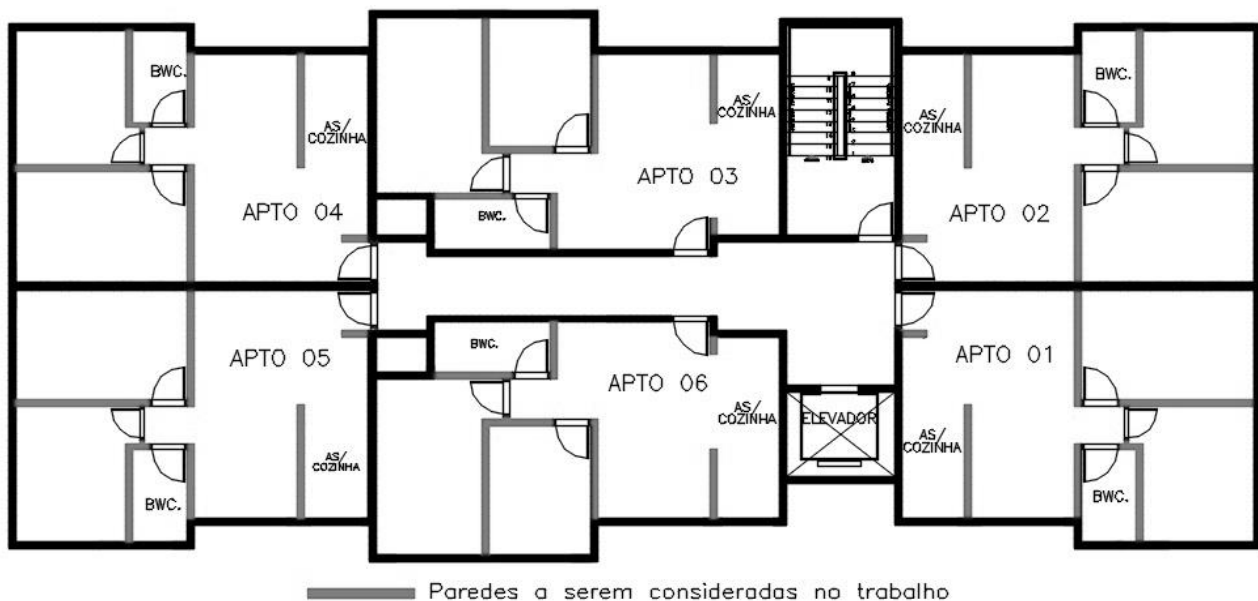
MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, foi feita uma pesquisa bibliográfica abrangendo as características e as formas de execução dos métodos a serem comparados que são objetos deste trabalho.

Na sequência, e de acordo com a NBR 15270-1:2005, para fins orçamentários deste trabalho, será utilizado o bloco cerâmico de largura (L) igual a 9 cm, altura (H) igual a 19 cm, e por fim comprimento (C) igual a 19 cm (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005), e para assentamento das mesmas foi utilizada argamassa mista de cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:4 com adição de 100 g de cimento, sendo que o projeto arquitetônico avaliado neste trabalho de comparação de custo possui um total de 274,8 m² de paredes de vedação.

Essa obra consiste em duas edificações iguais de 8 pavimentos tipo cada, porém, no presente trabalho foi realizado um estudo comparativo em apenas um pavimento tipo de uma das torres, tendo em vista a semelhança entre as edificações, como mostra a Figura 1.

Inicialmente, realizou-se um comparativo entre o sistema drywall e o sistema de bloco cerâmico para a realização de vedação interna de um pavimento tipo utilizando os parâmetros da TCPO e planilhas orçamentárias confeccionadas adotando-se o SINAPI (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2020), e com isso obteve-se a área de paredes de vedações, e para fins orçamentários deste trabalho, considerou-se que vãos menores do que dois metros quadrados de área não serão descontados da área levantada, considerando também essas informações para o sistema drywall. Para o sistema drywall foram utilizadas placas de gesso acartonado Standard (ST) com 70 mm e 90,5 mm de espessuras. Os valores dos insumos orçados e o tempo de realização das etapas foram tabelados pelo SINAPI e TCPO.

Figura 1 - Paredes analisadas neste projeto

Fonte: os autores.

Na sequência, esta mesma metragem de vedação interna passou pela análise utilizando o bloco cerâmico como forma de execução, de modo que também foi possível avaliar os custos deste sistema adotado.

Por fim, realizou-se a comparação entre os dois tipos de vedações avaliadas, verificando suas vantagens, desvantagens, custos e tempo de execução, para então apontar o sistema mais adequado a ser utilizado nesta edificação, levando-se em contas do Resíduos da Construção Civil – RCC.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os custos diretos e indiretos para confeccionar as divisórias no sistema drywall foram obtidos por meio da tabela TCPO e da tabela do SINAPI (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2020), referente ao mês de março de 2020, apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Custo final das paredes executadas em drywall em reais

Descrição	Quant.	Ud.	Custo Unit.	Custo Total
Chapa de gesso acartonado (ST)	579,83	m²	21,24	12.315,59
Pino de aço com arruela cônica	6,68	cento	32,62	217,90
Perfil guia U, largura 70 mm	208,96	m	4,36	911,06
Perfil montante C, largura 70 mm	547,13	m	4,95	2.708,29
Fita de papel microperfurado	687,74	m	0,24	65,06
Fita de papel com lâmina de metal	203,54	m	3,14	639,11
Massa de rejunte em pó	283,59	kg	4,22	1.196,75
Parafuso T25	5496	ud.	0,06	329,76
Parafuso TTPC 13 brocante	219,84	ud.	0,14	30,78
Montador com encargos	148,39	h	22,90	3.398,13
Servente com encargos	35,72	h	19,14	683,68
Total				**R$ 22.596,11**

Fonte: Tabela SINAPI (2020).

O custo médio do metro quadrado da parede executada em drywall pronta para receber a pintura foi de R$82,23 considerando a área de 274,80 m² e o conjunto de valores de mão-de-obra e dos insumos utilizados, de acordo com a Tabela 1.

Após, foram orçados os valores das divisórias executadas em bloco cerâmico, e para fins orçamentários utilizou-se os valores constantes da Tabela TCPO e os valores constantes da tabela SINAPI podendo serem vistos na Tabela 2.

Tabela 2 - Custo final das paredes executadas em bloco cerâmico em reais

Custo para a execução da alvenaria de tijolos				
Componentes	**Quant.**	**Ud.**	**Custo Unit.**	**Custo Total**
Pedreiro com encargo	175,82	h	24,89	4.376,16
Servente com encargo	104,42	h	19,14	1.998,60
Argamassa mista de cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:4 com adição de 100 g de cimento	3,79	m³	317,72	1.204,16
Bloco cerâmico furado de vedação 9x19x19	7475,38	ud.	0,44	3.289,17
Reboco aplicado em ambientes com área superior a 10 m² e = 20 mm				
Argamassa traço 1:2:8	20,66	m³	297,27	6.143,07
Pedreiro com encargo	175,87	h	24,89	477,40
Servente com encargo	64,85	h	19,14	1.241,28
Total				**R$ 22.629,00**

Fonte: Tabela Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - (2020) e Tabela de Composições de Preços para Orçamento (2012).

O custo médio do metro quadrado das paredes executadas em bloco cerâmico utilizando reboco nas duas faces e apta para receber a pintura, foi de R$82,35 considerando a mesma área e os valores de mão-de-obra e de material utilizados, de acordo com a Tabela 2.

Ainda, comparou-se os Resíduos de Construção Civil (RCC) gerados em ambos os métodos construtivos. Avaliou-se o custo financeiro para cada método utilizado para a retirada dos RCC gerados no mesmo do local, utilizando-se caçambas metálicas.

Consultando empresas do ramo da construção civil na cidade de Maringá/PR, constatou-se que para gerar 1 m³ de entulho de alvenaria convencional, são necessários 22 m² de parede, e para gerar 1 m³ de entulho de gesso acartonado, são necessários 180 m² de parede, e com base nesses parâmetros obtidos quanto às quantidades geradas de RCC, para a obra em questão, foram obtidos os seguintes valores gerados em resíduos, vistos pela Tabela 3.

Tabela 3 - Quantidade de resíduos gerados em ambos os métodos construtivos

Método construtivo	m² de parede	Quantidade	Unidade
Bloco cerâmico	274,80	12,50	m³
Drywall	274,80	1,53	m³

Fonte: os autores.

Para o descarte dos resíduos de bloco cerâmico foram necessárias duas caçambas de 5 m³ e uma caçamba de 3 m³, ao custo aproximado de R$210,00 por caçamba de acordo com as empresas de destinação de RCC de Maringá/PR. Para o descarte do entulho gerado pelo drywall, foi utilizada uma caçamba de 3 m³. Quanto ao descarte do gesso acartonado, as empresas especializadas para a destinação dos resíduos na cidade de Maringá/PR têm o custo de R$0,31 por quilo de resíduos coletado, acrescentado ao preço total no método descrito como drywall.

De acordo com dados da Prefeitura do Rio de Janeiro/RJ (2020), o peso específico do entulho de obra no geral é de 1.500 kg/m³ e por este dado, temos uma quantidade de entulho de drywall correspondente a 2.295 kg, podendo ser visto pela Tabela 4.

Tabela 4 - Custo para descarte do entulho em reais

Método construtivo	Caçamba	Quant.	Custo Unit.	Custo Adicio-nal	Custo Total
Bloco cerâmico	3 m³ 5 m³	1 2	210,00 220,00	0,00	650,00
Drywall	3 m³	1	210,00	711,45	921,45

Fonte: os autores.

Por fim, com todos os valores de material, mão-de-obra e valores para descarte do material, foi possível comparar os dois métodos para execução 274,80 m² de divisórias, vistos pela Tabela 5.

Tabela 5 - Custo total para os métodos construtivos em reais

Método construtivo	Custo Final	Custo da retirada	Custo Total
Bloco cerâmico	22.629,00	650,00	**23.279,00**
Drywall	22.596,11	921,45	**23.517,56**

Fonte: os autores.

Aos serviços já orçados, somam-se os custos de mão-de-obra dos serviços relativos as instalações elétrica e hidráulica que não foram computados nesse presente trabalho. Porém, estes custos variam, de acordo com empresas prestadoras de serviços de Maringá/PR, em torno de 20% a 40% do valor total orçado e que devem ser adicionados no orçamento das paredes executadas em bloco cerâmico. Este valor se refere aos serviços de corte de alvenaria para a colocação de tubulações de elétrica e hidráulica, como também o serviço de preenchimento desses cortes, enquanto que nas paredes em drywall estes serviços não são necessários.

Observando a Tabela 5 podemos ver que o custo total da alvenaria de bloco cerâmico é R$84,17/m² e o custo final do drywall é de R$85,58/m² podendo ter uma redução de R$1,41/m² no custo final do metro quadrado na vedação interna do edifício quando utilizado o tilo cerâmico, que se multiplicado a todos os pavimentos teremos um valor de R$3.099,74 de economia quando comparado somente entre os materiais utilizados.

CONCLUSÃO

Da análise de ambos os métodos construtivos, o mais vantajoso a ser utilizado nesta pesquisa é o método utilizando divisórias com material cerâmico. Entretanto, ainda que o método de divisórias cerâmicas seja o mais econômico, o método utilizando divisórias em drywall possui várias reduções que podem ser geradas por este método construtivo, como geração de entulho, maior produtividade quando comparado com o de alvenaria convencional, este ainda pode gerar uma diminuição no cronograma físico da obra, na carga total do prédio, menor tempo dispendido na execução dos serviços, além de possuir também melhor movimentação de materiais no canteiro de obras, pois, além de serem materiais inertes que são transportados em caminhões, o descarregamento é feito por empilhadeiras mecânicas e de fácil acomodação, sendo que a única exigência para o armazenamento é que o ambiente não possua umidade, e ainda, o material em drywall depende de menor número de pessoas envolvidas para a execução das paredes.

E por fim, pelo exposto acima e mesmo considerando o método de vedação utilizando tijolos cerâmicos ser mais econômico, opta-se pelo sistema de vedação de paredes em drywall pelos motivos elencados, pois os empresários lucram com a redução do prazo de conclusão da obra e também por ser um produto atrativo para o mercado da construção.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13754**:1996. Revestimento de Paredes Internas Com Placas Cerâmicas e Com Utilização de Argamassa Colante - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14715**:2001. Chapas de gesso acartonado - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1**:2005. Componentes cerâmicos – Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL. **Pintura e revestimentos de superfície**. 2019. Disponível em: https://drywall.org.br/acabamento/. Acesso em: 1 jul. 2020.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI – Índice da Construção Civil**. Disponível em: http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx# categoria_655. Acesso em: 1 jul.2020.

FERGUSON, M. R. **Drywall: Professional Techniques for Walls & Ceilings**. [S. l.] Tauton, 1996.

FRANCO, L. S. **O desempenho estrutural e a deformabilidade das vedações verticais**. São Paulo: Epusp/PCC, 1998.

PLACO SAINT-GOBAIN. **Guia Placo 2014 – Soluções Construtivas**. 2014. Disponível em: https://www.placo.com.br/guia-placo. Acesso em: 1 jul.2020.

SILVA, M. M. A. **Diretrizes Para o Projeto de Alvenaria de Vedação.** 2003. 167f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

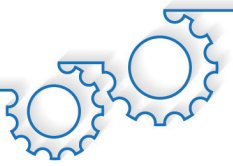
MITIDIERI, C. V. **Patologias de paredes drywall**: formas de prevenção. São Paulo: IPT, 2012.

PESSANHA, C. *et al.* **Inovações e o Desenvolvimento Tecnológico: Um Estudo em Pequenas e Médias Empresas Construtoras de Edificações**. 9º ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Foz do Iguaçu, 2002.

RIO DE JANEIRO (Município). **Tabelas**. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/10806331/4266124/TABELASDFGV02.pdf. Acesso em: 30 maio 2020.

ROCHER DRYWALL. **Divisórias – Rocher Drywall.** Disponível em: https://rocherdrywall.com.br/servicos/divisorias-rocher-drywall/. Acesso em: 26 mar. 2020.

TAGUCHI, M. K. **Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações**. 2010. 84f. Dissertação (Mestre em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba: UFPR, 2010.

TABELA DE COMPOSIÇÕES DE PREÇOS PARA ORÇAMENTOS. 14. ed. São Paulo: PINI, 2012.

VIEIRA, H. F. **Logística Aplicada à Construção Civil Como Melhorar o Fluxo de Produção nas Obras.** São Paulo: PINI, 2006. Disponível em: http://pt.slideshare.net/asccaldas/logstica-aplicada-a-construo-civil-hlio-flavio-vieira. Acesso em: 26 mar. 2020.

COMPARATIVO ENTRE O USO DE BARRAS DE AÇO E BARRAS DE POLÍMERO REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

COMPARATIVE BETWEEN THE USE OF STEEL BARS AND GLASS FIBER REINFORCED POLYMER BARS IN ARMED CONCRETE STRUCTURES

Pedro Henrique Peixoto **Matias**
Romulo Menck **Romanichen**

RESUMO

Uma das maiores discussões na área de engenharia civil é a respeito da corrosão do aço, e cada vez mais profissionais se questionam se teria algum material para substitui-lo em alguns casos, por esse motivo esse trabalho contempla o estudo comparativo entre uma estrutura armada com aço e uma estrutura armada com PRFV. Com o objetivo de comparar as diferenças de resultados obtidos a partir de um projeto arquitetônico pré-definido, buscando intercalar as diretrizes da norma brasileira NBR 6118:2014 e a norma norte americana ACI 440.1R-15. A partir da NBR 6118:2014 buscamos definir os caminhos à se seguir, calculando as armaduras longitudinais, transversais do aço e a sua flecha máxima, posteriormente repetiu-se o cálculo para a viga armada com PRFV considerando alguns aspectos indicados na norma ACI 440.1R-15. Posteriormente, se estabeleceu um estudo comparativo entre os resultados encontrados entre cada material estudado. Os resultados encontrados são satisfatórios abrindo uma possibilidade de substituição do aço em alguns locais corrosivos. Com a oportunidade de substituir o aço pelo PRFV se tem uma infinita gama de possibilidades para a construção, pois abre a oportunidade de ter uma estrutura resistente a corrosão.

Palavras-chave: Estrutura armada com aço. Estrutura armada com PRFV. Polímero Reforçado com Fibra de Vidro. Vergalhão em PRFV.

ABSTRACT

One of the main discussions in civil engineering is about the steel corrosion. Professionals are often wondering about the possibility of replacement for steel in certain occasions and for this reason, this paper aims to compare armed structures with steel and with GFRP. The results obtained were based on an architectural project, according to the Brazilian standard NBR 6118:2014 and the American standard ACI 440.1R-15. According to NBR 6118:2014, we defined the methods and valued the longitudinal and transverse reinforcement of the steel and its maximum deflection. We replicated the same calculations to armed structures with GFRP, also considering some standards of ACI 440.1R-15. After that, we set a comparative study with all these data and the results were reasonable, presenting a possibility of replacement for steel in certain corrosive places. With the opportunity to replace steel with FRP, there is an infinite range of possibilities for construction, as it opens up the opportunity to have a corrosion resistant structure.

Keywords: Armed structure with GFRP. Armed structure with steel. Glass Fiber Reinforced Polymer. GFRP rebar.

INTRODUÇÃO

Na área da construção civil as estruturas de concreto armado são muito utilizadas, o mesmo é normalmente armado com aço, porém alguns locais necessitam uma maior resistência à corrosão. Em obras de saneamento tem se utilizado o PRFV (Polímero Reforçado com Fibra de Vidro) em substituição ao aço na construção de escadas, guarda-corpos, comportas entre outros equipamentos. Outro exemplo de substituição do uso de materiais metálicos é a utilização de esquadrias de PVC, as quais em regiões litorâneas são indicadas no local de janelas de aço.

Segundo Brown *et al*. (2016), a corrosão representa a transformação de um metal em um composto metálico através de uma reação entre o metal e alguma substância no ambiente em que ele se encontra. A corrosão promove a perda de seção das peças de aço, podendo constituir em causa principal de colapso (WALTER PFEIL, 2009). Materiais constituídos por polímeros são conhecidos por possuírem uma maior resistência nesse sentido.

De acordo com Canevarolo Junior (2002), o mesmo destaca que a palavra polímero origina-se do grego poli que quer dizer muitos, e mero que é uma unidade de repetição, portanto, o polímero é uma macromolécula composta por muitas unidades de repetição, ligadas por uma ligação covalente. Os polímeros são divididos em três classes, são elas os plásticos, borrachas e as fibras. Ainda, Callister (2012) expõe que uma das vantagens do vidro em forma de fibra quando associado a diferentes plásticos, possui uma inércia química que torna o composto útil em inúmeros ambientes corrosivos.

O comportamento mecânico do reforço dos Polímeros Reforçados com Fibra (PRF), difere do comportamento do reforço de aço convencional. Assim, uma mudança na filosofia de projeto tradicional de estruturas de concreto é necessária para o reforço em PRF (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 2015).

No entanto, os materiais poliméricos reforçados com fibra são anisotrópicos, e isso significa que algumas propriedades físicas dependem da direção em que são verificadas, e tem como características uma alta resistência à tração em direções paralelas as fibras de reforços, sendo que essas características afetam a resistência ao cisalhamento, e além disso, os materiais em PRF são elásticos até a ruptura (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 2015).

No Brasil, a norma que rege o dimensionamento das estruturas em concreto armado com aço é a ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, portanto este trabalho segue as recomendações da norma para o dimensionamento de peças estruturais com concreto e aço. Como o Brasil ainda não tem nenhuma norma vigente em relação as estruturas em concreto armadas com PRFV, e desta forma, serão consideradas as recomendações da ACI 440:2015 (American Concrete Institute) que é a norma dos Estados Unidos, na qual a mesma dimensiona a estrutura se baseando na norma americana de concreto armado com aço ACI 318, substituindo apenas os parâmetros referentes as propriedades físicas do material, e assim, analisando tais fatos, partiu-se, utilizamos a NBR 6118:2014.

Este trabalho tem como objetivo comparar o dimensionamento manual de uma viga em concreto armado com aço e com PRFV, a partir de um projeto arquitetônico genérico.

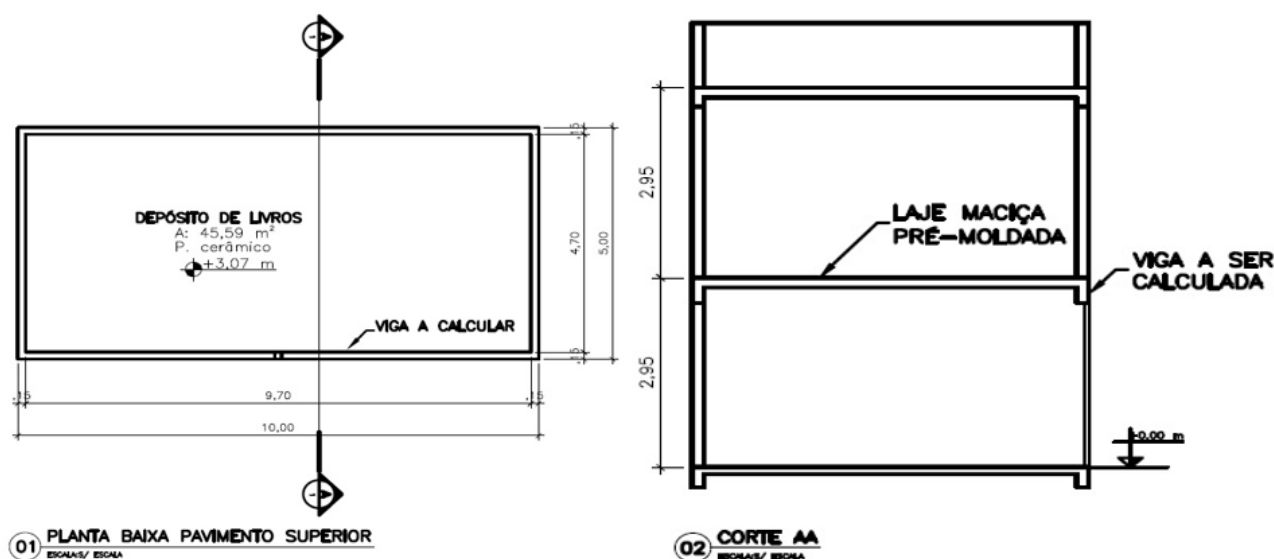
MATERIAL E MÉTODOS

Com o projeto arquitetônico definido foi realizado o dimensionamento da estrutura, utilizando como armaduras barras de aço e barras de PRFV. Os carregamentos atuantes sobre a estrutura foram determinados com base na NBR 6120.

O dimensionamento da estrutura foi realizado manualmente e os cálculos referentes à armação com o aço foram praticados de acordo com a NBR 6118:2014, no entanto, o dimensionamento da estrutura armada em PRFV seguiram as instruções da norma norte americana ACI 440.1 R-15 que é basicamente dimensionada conforme a ACI 318, apenas substituindo os métodos pelos apresentados na NBR 6118:2014. O projeto arquitetônico foi confeccionado com o auxílio da ferramenta AutoCAD, já o cálculo dos esforços da estrutura deu-se por meio da ferramenta Ftool, que é uma *ferramenta* para análise de estruturas sob ação de cargas, com gráficos de deformação e outros, utilizando-se modelos de pórtico plano.

O projeto base

Para o projeto base foi dimensionado um sobrado com uma sala de estudos no pavimento térreo e um depósito de livros no pavimento superior, no qual a viga calculada é equivalente à metade do vão de 10,00 metros de acordo com a Figura 1.

Figura 1 - Planta baixa e corte do projeto arquitetônico base

Fonte: os autores.

Cálculo de cargas permanentes e acidentais

Para o correto dimensionamento foram considerados as equações e instruções disponibilizadas pela NBR 6118:2014, na qual seguem abaixo:

Após a definição das cargas atuantes na estrutura conforme a NBR 6120, serão calculadas no ELU (Estado Limite Último) que é denominado de critério de segurança estabelecido pela NBR 6118, na qual definimos a carga de cálculo sobre à estrutura com:

$$Fd = \gamma g . Fgk + \gamma q . Fq1k \tag{1}$$

Sendo:
F_d = Valor de cálculo das ações para a combinação última (ELU).
F_{gk} = Ações permanentes diretas.
F_{q1k} = Ação variável direta escolhida principal.
γ_g = Coeficiente de ponderação para cargas permanentes.
γ_q = Coeficiente de ponderação para cargas variáveis em geral.
Para esse cálculo foram desconsideradas as ações de retração e de temperatura.

Para o cálculo da carga transferida da laje para as vigas utilizamos a tabela de Bares na qual seguem abaixo as fórmulas:

$$\lambda = \frac{lx}{ly} \tag{2}$$

$$V = \nu \,.\, \frac{p \,.\, lx}{10} \tag{3}$$

Sendo:
l_x = Menor lado da laje.
l_y = Maior lado da laje.
V = Carga.
ν = Coeficiente da tabela de Bares.

Determinação do momento fletor e cortante máximo da viga

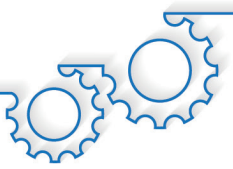
O valor do momento máximo (M_d) e o cortante máximo (V_{sd}) da viga foi determinado inicialmente com a divisão de esforços de cálculo (F_d) que a laje maciça sofre e transfere para as vigas, após esse valor definido, com o programa Ftool determinou-se o momento e o cortante máximo sofrido pelas mesmas.

Cálculo de estrutura armada
Armaduras longitudinais
Determinação da profundidade da Linha Neutra

A determinação da altura da linha neutra é importante para o conhecimento de qual área da seção da viga será tracionada ou comprimida, para a determinação do seu reforço, para esse cálculo usamos:

$$Md = 0{,}68.bw.x.Fcd.(d - 0{,}4x) \tag{4}$$

$$Fcd = \frac{fck}{\gamma c} \tag{5}$$

Sendo:
M_d = Momento fletor de cálculo.
b_w = Largura da alma da viga.
F_{cd} = Resistência de cálculo à compressão do concreto.
d = Altura útil da viga.
x = Profundidade da linha neutra.
f_{ck} = Resistência característica do concreto à compressão (KN/cm²).
γ_c = Coeficiente de ponderação do concreto.

Determinação do estádio de cálculo

Para a determinação do estádio de cálculo, temos:

$$\beta x = \frac{x}{d} \tag{6}$$

Cálculo da área de aço

Para o cálculo da área de aço necessária é utilizada a equação abaixo:

$$As = \frac{Md}{\sigma sd.(d - 0{,}4.x)} \tag{7}$$

Sendo:
A_s = Área de aço ou de PRFV.
σ_{sd} = Tensão normal solicitante de cálculo.
Encontra-se o σ_{sd} para o aço por meio da equação:

$$\sigma sd = \text{fyd} = \frac{fyk}{\gamma s} \tag{8}$$

Sendo:
f_{yd} = Resistência de cálculo do aço.
f_{yk} = Resistência característica ao escoamento do aço.
γ_s = Coeficiente de minoração da resistência do aço.
Para σ_{sd} do PRFV encontramos por meio da equação:

$$\sigma sd = \text{ffu} = Ce.ffu* \tag{9}$$

Na qual:
ffu = Resistência à tração de projeto.
Ce = Fatores de redução ambiental conservadores conforme Figura 1.
ffu* = Resistência à tração garantida que é calculada conforme segue:

$$ffu* = ffu,ave - 3.dp \tag{10}$$

Sendo:
$ff_{u,ave}$ = Resistência à tração média das amostras.
d_p = Desvio padrão.

Verificação da área mínima e máxima de aço e PRFV da armadura longitudinal

Após encontrar as áreas de aço e de PRFV necessárias para se resistir os esforços solicitantes, verificou-se se atendem a área mínima de aço exigida pela NBR 6118, e a área mínima de PRFV exigida pela ACI 440.1R-15 (para f_{ck} de 34,5 Mpa), utilizando a equação:

$$As \geq 0{,}15\%.AC \tag{11}$$

Sendo que AC é a área de concreto da seção. Para o cálculo da área mínima de PRFV estamos considerando:

$$As \geq 0{,}78\%.AC \tag{12}$$

Para o cálculo da área máxima de aço e PRFV temos:

$$As \leq 4\%.AC \tag{13}$$

Sendo que o AC para área máxima é considerado somente para seção fora da área de emendas.

Como estamos utilizando como base a NBR-6118, a área máxima de PRFV vai ser a mesma de aço.

Armaduras transversais (estribos)

Resistências

Para o dimensionamento das armaduras transversais devemos atender a dois critérios, são eles:

$$Vsd \leq VRd2 \tag{14}$$

$$Vsd \leq VRd3 = Vc + Vsw \tag{15}$$

Sendo:

V_{sd} = força cortante solicitante de cálculo, na seção.

VR_{d2} = força cortante resistente de cálculo, relativa à ruína das diagonais comprimidas de concreto.

VR_{d3} = força cortante resistente de cálculo, relativa à ruína por tração diagonal.

V_c = parcela de força cortante absorvida por mecanismos complementares ao da treliça.

V_{sw} = parcela resistida pela armadura transversal.

Encontra-se o VR_{d2} por meio do cálculo:

$$VRd2 = 0{,}27.\alpha v2.fcd.bw.d \tag{16}$$

Onde:

$$\alpha v2 = (1 - \frac{fck}{250}) \tag{17}$$

Na qual:
f_{ck} = Resistência característica do concreto à compressão, expresso em MPa
Para o cálculo do VR_{d3} temos que:

$$Vsw = \left(\frac{Asw}{s}\right).0{,}9.d.fywd.(sen\,\alpha + \cos\alpha) \tag{18}$$

Sendo:
f_{ywd} = tensão na armadura transversal passiva, limitada ao valor de fyd no caso de estribos.
α = ângulo de inclinação da armadura transversal em relação ao eixo longitudinal do elemento estrutural ($45° \leq \alpha \leq 90°$).
Na flexão simples e na flexo-tração com a linha neutra cortando a seção, temos:

$$Vc = Vc0$$

$$Vc0 = 0{,}6.fctd.bw.d \tag{19}$$

Sendo:

$$fctd = \frac{fctk,inf}{\gamma c} \tag{20}$$

Na qual:

$$fctk,inf = 0{,}7.fct,m \tag{21}$$

$$fct,m = 0{,}3.fck^{2/3} \tag{22}$$

$F_{ctk,inf}$ = resistência à tração direta média inferior.
$f_{ct,m}$ = resistência à tração direta média.

Armadura transversal mínima

Para o cálculo da armadura transversal mínima temos:

$$\rho sw = 0{,}2\,\frac{fct,m}{fywd} \tag{23}$$

Sendo:
ρ_{sw} = Armadura transversal mínima.

Armadura transversal mínima do PRFV

$$\mathrm{Afv,min} = 0{,}35\,.\frac{bw.s}{ffv} \tag{24}$$

Sendo:
$f_{fv} = 0{,}004Ef$
$E_f = E_{f,ave}$ = Módulo de elasticidade médio.
Para o cálculo do espaçamento mínimo e máximo consideramos:
s_{min} = deve ser suficiente para permitir a passagem do vibrador

$$\text{smáx} = 0{,}6\,.d \leq 300\,mm, se\ Vsd \leq 0{,}67\,.VRd2 \quad (25)$$

$$\text{smáx} = 0{,}3\,.d \leq 200\,mm, se\ Vsd > 0{,}67\,.VRd2 \quad (26)$$

Verificação da flecha

Momento de fissuração

Tem-se que o momento de fissuração é:

$$\text{Mr} = \frac{\alpha\,.fct\,.Ic}{yt} \quad (27)$$

Sendo:
α = 1,5 para seções retangulares, é o fator que correlaciona aproximadamente a resistência à tração na flexão com a resistência à tração direta.
y_t = É a distância do centro de gravidade da seção à fibra mais tracionada.
l_c = É o momento de inércia da seção bruta de concreto.

Flecha imediata

É dada por:

$$(\text{EI})\text{eq,t0} = Ecs\left\{\left(\frac{Mr}{Ma}\right)^3.\,lc + \left[1 - \left(\frac{Mr}{Ma}\right)^3\right].\,Iii\right\} \leq Ecs\,.\,lc \quad (28)$$

Sendo:
I_{ii} = momento de inércia da seção fissurada de concreto no estádio II, calculado com $\alpha e = E_s/E_{cs}$.
E_s = Módulo de elasticidade do aço.
E_{cs} = Módulo de deformação secante de concreto.
$M_a = M_d$ serv.
M_r = Momento de fissuração.
Segundo Bastos (2015) para o cálculo do momento de inércia no estádio II é necessário conhecer a posição da linha neutra neste estádio. Como a linha neutra passa pelo centro de gravidade da seção homogeneizada, x_{ii} tem a equação:

$$xii^2 + \frac{2\,.As\,.\alpha e}{b}.\,xii - \frac{2\,.As\,.d\,.\alpha e}{b} = 0 \quad (29)$$

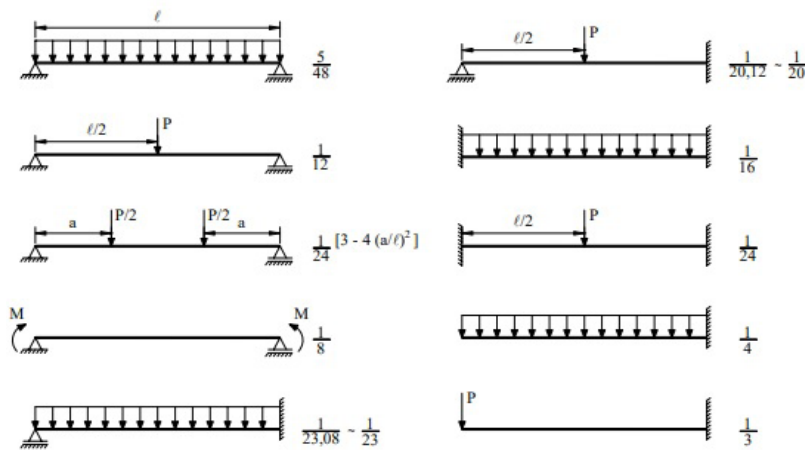
No qual se encontra I_{ii} através de:

$$Iii = \frac{b\,.xii^3}{12} + b\,.xii\,.\left(\frac{xii}{2}\right)^2 + \alpha e\,.As\,.(d - xii)^2 \quad (30)$$

O cálculo da flecha imediata ou instantânea para vigas e lajes unidirecionais pode ser efetuado através da expressão padrão de elementos fletidos não fissurados, assumindo o concreto armado como um material de comportamento elástico e linear (MERLIN, 2006), dada por:

$$ai = \alpha\,.\frac{Md\ serv\,.l^2}{(EI)eq, t0} \quad (31)$$

Sendo:
α = É um coeficiente que depende das relações de apoio conforme a Figura 2.

Figura 2 - Valores do coeficiente α

Fonte: Merlin (2006).

Flecha diferida no tempo

Tem-se que:

$$\alpha f = \frac{\Delta\xi}{1 + 50\,\rho'} \quad (32)$$

Sendo:
ρ' é diretamente proporcional a área de armadura comprimida que no nosso caso é zero.
ξ = É um coeficiente função do tempo, que pode ser calculado conforme abaixo.

$$\xi = \xi(f) - \xi(t0) \quad (33)$$

$$\xi(f) = 0{,}68\,.(0{,}996^t).0{,}996^{0{,}32}\ para\ t \leq 70\ meses \quad (34)$$

$$\xi(f) = 2 \; para \; t > 70 \; meses \quad (35)$$

Flecha total

O valor da flecha total é dado por:

$$Flecha\ total = ai\,.(1 + \alpha f), onde: Flecha\ total < \ l/250 \quad (36)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o dimensionamento das cargas levou-se em consideração uma laje maciça com ações permanentes e variáveis conforme a NBR 6120:1980.

Cargas sobre a laje:
Peso próprio (espessura de 15 cm): 25 * 0,15 = 3,75 KN/m²
Concreto simples (espessura de 3,00 cm): 24 * 0,03 = 0,72 KN/m²
Argamassa de cimento e areia (espessura de 2,00 cm): 21 * 0,02 = 0,42 KN/m²
Carga variável (depósito de livros): 4,00 KN/m²
Cargas sobre a viga:
Alvenaria: 18 * (2,95 * 0,09) = 4,78 KN/m
Argamassa de cal, cimento e areia (Reboco interno e externo):

$$\frac{19*(2{,}95*5*0{,}25)*2}{5} = 0{,}05\ KN/m$$

Peso Próprio: 25 * (0,20 * 0,50) = 2,5 KN/m
Portanto, utilizando a equação (1) tem-se na laje:
P_g = 3,75 + 0,72 + 0,42 = 4,89 KN/m²
P_q = 4,00 KN/m²

$$\mathrm{Fd} = 1{,}4 * 4{,}89 \; + \; 1{,}4.4 \; \rightarrow \; \mathrm{Fd} = 12{,}45\ \mathrm{KN/m^2}$$

Considerando que a laje será armada em duas direções, a carga transmitida à viga a se calcular será conforme a equação (2):

$$\lambda = \frac{lx}{ly} \; -> \; \lambda = \frac{5}{5} = 1$$

De acordo com a Tabela de Bares utilizando-se a equação (3):

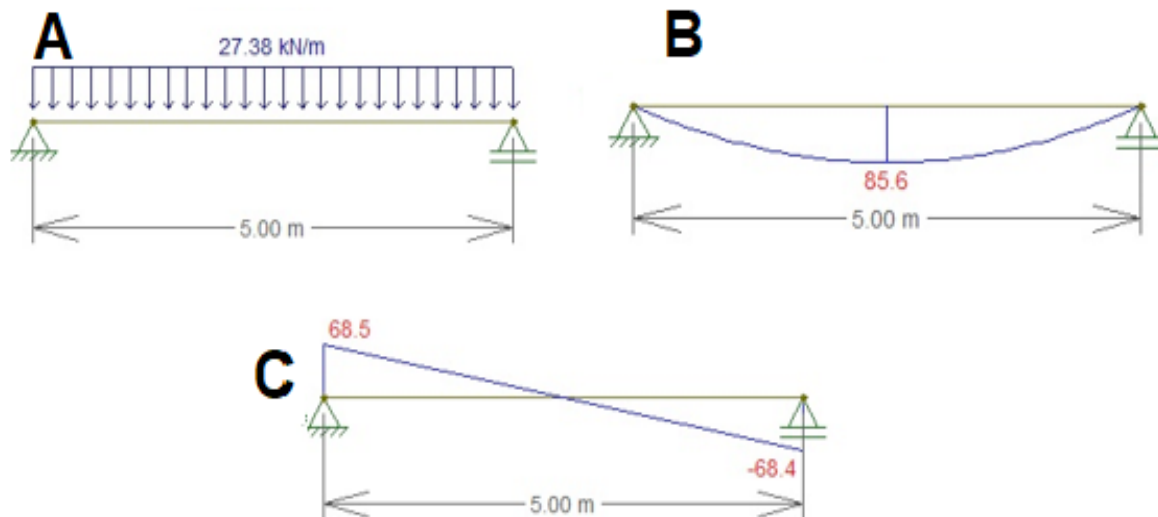
$$\nu x = 2{,}75$$

$$V = 2{,}75\ \frac{12{,}45.5}{10} \rightarrow V = 17{,}12\ \mathrm{KN/m}$$

Na viga utilizando-se a equação (1) temos:
$P_q = 4{,}78+0{,}05+2{,}5$
$P_q = 7{,}33$ KN/m

$$Fd = 1{,}4 * 7{,}33 \rightarrow Fd = 10{,}26\ KN/m$$

Colocando todas as cargas no programa Ftool temos os diagramas de esforços solicitantes definidos conforme Figura 3:

Figura 3 - A: Cargas distribuídas na viga; B: Momento fletor máximo; C: Diagrama de cortante

Fonte: os autores.

Dimensionamento das armaduras longitudinais em aço

Considera-se a classe de agressividade como nível II por se tratar de uma biblioteca e ser comumente localizada em áreas urbanas, o cobrimento considerado será de 30,00 mm e o d = 45,00 cm. Substituindo a equação (5) na equação (4) chega-se a:

$$8560 = 0{,}68 * 20 * x * \frac{2{,}5}{1{,}4} . (45 - 0{,}4x)$$

$$x, = 8{,}47\ cm \quad x,, = 104{,}08\ cm$$

Portanto, com o uso da equação (6), tem-se que:

$$\beta x = \frac{8{,}47}{45} = 0{,}188$$

$\beta x2 = 0{,}259$, portanto, está no domínio 2, por tanto utiliza-se as equações (7) e (8) conforme abaixo:

$$\sigma sd = \frac{50}{1{,}15} = 43{,}48\ MPa$$

$$As = \frac{8560}{43{,}48 * (45 - 0{,}4 * 8{,}47)} = 4{,}73\ cm^2$$

Dimensionamento das barras:
Área do aço CA-50 - 2 Ø 20 mm = 6,28 cm² → Ok
Espaçamento horizontal das barras:
eh ≥ 20 mm
eh ≥ Ø = 20 mm
eh ≥ 1,2*1,9 = 2,30 cm

$$eh = \frac{13 - 2 * 2}{1} = 9{,}00\ cm \rightarrow Ok$$

Para a verificação da área mínima de aço, utiliza-se a equação (11):

$$As \geq 0{,}15\% * 20 * 50 \ \rightarrow \ As \geq 1{,}50\ cm^2 \rightarrow Ok$$

Para a verificação da área máxima de aço, se utiliza a equação (13):

$$As \leq 4\% * 20 * 50 \ \rightarrow \ As \leq 40{,}00\ cm^2 \rightarrow Ok$$

Dimensionamento dos estribos em aço

Verificação das diagonais comprimidas de concreto utilizou-se a equação (16), e substituindo as equações (22) na (21) e as duas na (20) e todo o conjunto na equação (19), temos:

$$68{,}5 \leq 0{,}27 * \left(1 - \frac{25}{250}\right) * \frac{2{,}5}{1{,}4} . 20 * 45 = 374{,}91\ KN \rightarrow Ok$$

Portando o resultado atendeu as condições estabelecidas pela equação (14).

$$Vc0 = 0{,}6 * \frac{(0{,}7)}{1{,}4} \frac{\left(0{,}3 * 25^{\frac{2}{3}}\right)}{10} . 20 * 45 = 69{,}25\ KN$$

$$68{,}5 = 69{,}25 + Vsw$$

$$Vsw = -0{,}75\ KN$$

Para a área de aço conforme a equação (18), temos:

$$\left(\frac{Asw}{s}\right) = \frac{-0{,}75}{0{,}9 * 45 * 52{,}17 * (1 + 0)} \rightarrow \left(\frac{Asw}{s}\right) = -0{,}00035\ cm^2/cm$$

Como A_{sw} é um valor negativo, conclui-se que o concreto resiste à força cortante, portanto, para o estribo consideramos a armadura mínima, conforme a equação (23):

$$\rho sw \ = 0{,}2 * \frac{0{,}3 * 25^{2/3}}{52{,}17} \rightarrow 0{,}010\ cm^2/cm\ ou\ 1{,}00\ cm^2/m$$

Área do Aço CA-60 - 2 Ø 4,20 mm = 0,28 cm²

Portanto, utilizando a equação (15), tem-se:

$$\text{Nºestr.} = \frac{1,00}{0,28} \rightarrow 6\, estribos\,/m$$

$$s = \frac{100}{6} \rightarrow 16,67\, cm \rightarrow \text{smin} = Ok$$

$$\text{Vsd} = \frac{68,5}{374,91} = 0,0027\, VRd2$$

Desta forma, verificamos que as exigências estabelecidas na equação (25) são atendidas:

$\text{smáx} = 0,6\,.45 \rightarrow 27\, cm, portanto > está\, ok.$

Dimensionamento das armaduras longitudinais em PRFV

Para o dimensionamento das armaduras em PRFV, consideram-se os mesmos cálculos utilizados para o dimensionamento em aço, apenas substituindo as características da armadura, utilizando a equação (10), tem-se conforme segue abaixo:

$$ffu* = 1219 - 3 * 6,139 \rightarrow 1200,58\, MPa$$

Figura 4 - Ensaio de tração das barras em PRFV disponibilizado pela empresa STRATUS FRP

CENIC ENGENHARIA

Ensaio de Tração - Stratus (catálogo)

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL10000** Célula: **Trd 28** Extensômetro: **Trd 6** Data: **24/02/2020** Hora: **10:11:47** Trabalho nº **1136**

Programa: **Tesc versão 3.01** Método de Ensaio: **ASTM D 3916-02**

Ident. Amostra: >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>> Executor: **Raphael Lima** Nº Amostra: **Vergalhão** Material: **Fibra de vidro**

Corpo de Prova	Diâmetro (mm)	Área (mm2)	Força Força Max. (kN)	Tensão Força Max. (MPa)	Tensão à 0.1% (MPa)	Tensão à 1.0% (MPa)	Mod. Elást. (MPa)	Def. Esp. Calculada (%)
CP 1	6,00	28,27	34,67	1226,03	56,44	514,29	50871,59	2,41
CP 2	6,00	28,27	34,44	1218,14	55,23	500,05	49424,97	2,46
CP 3	6,00	28,27	34,32	1213,94	54,61	514,36	51083,59	2,38
Número CPs	3	3	3	3	3	3	3	3
Média	6,000	28,27	34,48	1219	55,43	509,6	50460	2,417
Desv.Padrão	0,0000	0,0000	0,1736	6,139	0,9314	8,240	902,7	0,04453
Coef.Var.(%)	0,0000	0,0000	0,5034	0,5034	1,680	1,617	1,789	1,842
Mínimo	6,000	28,27	34,32	1214	54,61	500,1	49420	2,376
Máximo	6,000	28,27	34,67	1226	56,44	514,4	51080	2,465

Fonte: STRATUS FRP (2020).

Com os dados determinados, temos que conforme a equação (9):

$$\sigma sd = \text{ffu} = 0,8 * 1200,58 \rightarrow 960,46\, MPa\, ou\, 96,05\, KN/cm^2$$

O valor de C_e está sendo considerado conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Fator de redução ambiental e condições de exposição

Exposure condition	Fiber type	Environmental Reduction fator C_e
Concrete not exposed to Earth and weather	Carbon	1.0
	Glass	0.8
	Aramid	0.9
Concrete exposed to Earth and weather	Carbon	0.9
	Glass	0.7
	Aramid	0.8

Fonte: AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (2015).

Considerando as características físicas do PRFV e a equação (7), temos:

$$As = \frac{8560}{96{,}05 * (45 - 0{,}4 * \ 8{,}47)} = 2{,}14 \ cm^2$$

Para o dimensionamento das barras temos que:

Área do vergalhão PRFV 2 Ø 13,00 mm = 2,65 cm^2 → Ok

A área mínima de PRFV é calculada conforme a tabela 2 e a equação (12).

Tabela 2 - Taxa mínima de PRFV para concreto 34,5 Mpa

Bar type	Yield strength fy or tensile strength ffu, ksi (MPa)	Modulus of elasticity, ksi (GPa)	ρb or ρfb
Steel	60 (414)	29,000 (200)	0.0335
GFRP	80 (552)	6000 (41.4)	0.0078
AFRP	170 (1172)	12,000(82.7)	0.0035
CFRP	300 (2070)	22,000 (152)	0.0020

Fonte: AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (2015).

$$As \geq 0{,}78\% * 20.50 \rightarrow 7{,}80 \ cm^2$$

Área mínima do vergalhão PRFV 2 Ø 25,00 mm = 9,81 cm^2 → Ok

Espaçamento horizontal das barras:

$e_h \geq 20$ mm

$e_h \geq Ø = 20$ mm

$e_h \geq 1{,}2 \ . \ 1{,}9 = 2{,}30$ cm

$$eh = \frac{12{,}8 - 2{,}5 * 2}{1} = 7{,}80 \ cm \rightarrow Ok$$

Como a armadura dimensionada para a estrutura é a armadura mínima, a estrutura atende a exigência de armadura máxima da NBR-6118.

Dimensionamento dos estribos em PRFV

Como o concreto calculado já resiste ao cisalhamento, a armadura a ser considerada será a mínima exigida segundo a ACI 440 1R-15, utilizando a equação (24).

$$\text{Afv, min} = 0{,}35 * \frac{200 * 1000}{0{,}004 * 50460{,}05} = 346{,}81 \frac{mm^2}{m} \; ou \; 3{,}47 \; cm^2/m$$

Área do PRFV = 2 Ø 4,00 mm = 0,25 cm²

$$\text{Nºestr.} = \frac{3{,}47}{0{,}25} \rightarrow 14 \; estribos/m$$

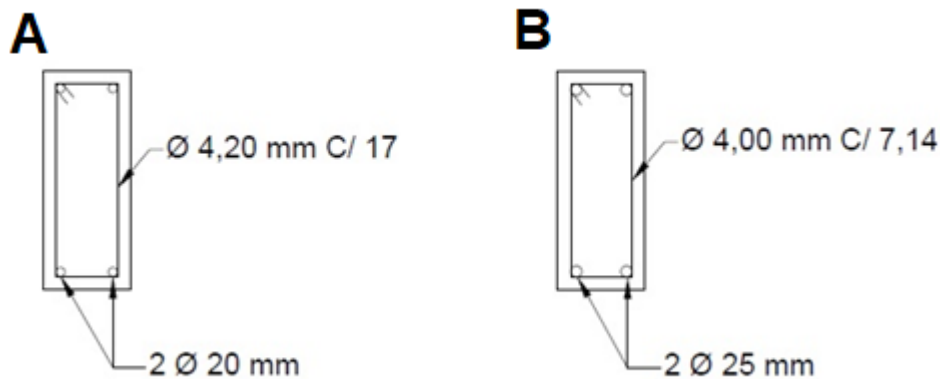
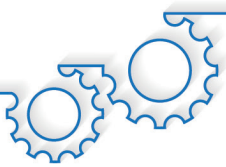
$$\text{s} = \frac{100}{14} \rightarrow 7{,}14 \; cm$$

$$\text{smin} = Ok$$

Sabe-se que V_{sd} = 0,0027 * VR_{d2}, considerou-se o espaçamento abaixo conforme a equação (25) para o cálculo de estribos:

$$\text{smáx} = 0{,}6 * 45 \rightarrow 27{,}00 \; cm \rightarrow Ok$$

A Figura 5 apresenta os detalhamentos da viga com os dois materiais.

Figura 5 - A: Estrutura armada em aço; B: Estrutura armada em PRFV

Fonte: os autores.

Verificação da Flecha da estrutura armada com o aço

Cálculo do Momento de fissuração

Para o cálculo conforme a equação (27), segue:

$$Mr = \frac{1{,}5 * 0{,}256 * 208333}{25} \rightarrow 3200\ KN.cm < Md\ serv.$$

Cálculo de Flecha imediata

A partir da equação (29), tem-se:

$$xii^2 + \frac{2 * 6{,}28 * 7{,}14}{20} * xii - \frac{2 * 6{,}28 * 45 * 7{,}14}{20} = 0$$

$$xii1 = -16{,}62 \quad xii2 = 12{,}14\ cm$$

Portanto, utilizando as equações (30) e (28):

$$Iii = \frac{20 * 12{,}14^3}{12} + 20 * 12{,}14 * \left(\frac{12{,}14}{2}\right)^2 + 7{,}14 * 6{,}28 * (45 - 12{,}14)^2$$

$$Iii = 1250154{,}62\ cm^4$$

$$(EI)eq,t0 = 2800 \left\{\left(\frac{3200}{5141}\right)^3 * 208333 + \left[1 - \left(\frac{3200}{5141}\right)^3\right] * 1250154\right\} \leq 2800\ .208333$$

$$(EI)eq,t0 = 2796940660 \leq 583332400$$

A flecha imediata conforme a equação (31), será:

$$ai = 0{,}1 * \frac{5141 * 500^2}{583332400}$$

$$ai = 0{,}22\ cm$$

A flecha diferida é dada pelas equações (32), (33), (34) e (35):

$$\alpha f = \xi(t) = 0{,}68.* (0{,}996^1) * t^{0{,}32}$$

$$\xi(t) = 0{,}68$$

Portanto obtém-se com o auxílio da equação (36) o valor de flecha total de:

$$at = 0{,}22 * (1 + 0{,}68)$$

$$at = 0{,}37\ cm$$

Verificação da Flecha da estrutura armada com o PRFV

Para o cálculo substitui-se as características físicas do aço nas equações, conforme a equação (29), segue abaixo:

$$xii^2 + \frac{2 * 9{,}81 * 1{,}48}{20} \,.\, xii - \frac{2 * 9{,}81 * 45 * 1{,}48}{20} = 0$$

$$xii1 = -8{,}84 \quad xii2 = 7{,}39\ cm$$

Portanto, utilizando as equações (30) e (28), chega-se a:

$$Iii = \frac{20 * 7{,}39^3}{12} + 20 * 7{,}39 * \left(\frac{7{,}39}{2}\right)^2 + 1{,}48 * 9{,}81 * (45 - 7{,}39)^2$$

$$Iii = 23227{,}57\ cm^4$$

$$(\mathrm{EI})\mathrm{eq,t0} = 2800 \left\{\left(\frac{3200}{5141}\right)^3 * 208333 + \left[1 - \left(\frac{3200}{5141}\right)^3\right] * 23227\right\} \leq 2800\ .208333$$

$$(\mathrm{EI})\mathrm{eq,t0} = 190028588 \leq 583332400$$

A flecha imediata será conforme a equação (31):

$$ai = 0{,}1 * \frac{5141 * 500^2}{190028588}$$

$$ai = 0{,}68\ cm$$

Portanto obtém-se o valor de flecha total através da equação (36):

$$at = 0{,}68 * (1 + 0{,}68)$$

$$at = 1{,}14\ cm$$

Desta maneira, o aço e o PRFV atendem o limite que a NBR 6118:2014 estipula para essa viga em específico.

Esse trabalho engloba um tema na qual o Brasil está, tecnicamente, atrás de outros países, como o Japão, Canadá, Estados Unidos entre outros, que é o dimensionamento de estrutura de concreto armado quando se emprega o PRFV, estudo esse que está embasado no comparativo entre os dois dimensionamentos que estão resumidos na Tabela 3.

Tabela 3 - Comparativo entre os resultados dos cálculos

	Aço	PRFV
Área de armadura longitudinal solicitante	4,73 cm²	2,14 cm²
Área de armadura longitudinal mínima calculada	NBR 6118:2014 = 1,50 cm²	ACI 440 1R-15 = 7,80 cm²
Área de armadura transversal mínima	NBR 6118:2014 = 1,00 cm²/m	ACI 440 1R-15 = 3,47 cm²/m
Flecha total de cálculo	0,37 cm	1,14 cm

Fonte: os autores.

Comparando os dados obtidos, analisa-se que os dimensionamentos das armaduras longitudinais da viga demonstraram que o diâmetro superior das barras em PRFV em relação ao aço se dá pelo fato da Norma ACI 440.1R-15 ter um alto coeficiente de segurança, isso fica claro quando o cálculo inicial de PRFV chega a ser cerca de 33,80% menor que a área do aço calculada.

Percebe-se que o PRFV leva desvantagem no cálculo da flecha, na qual o aço exibe uma flecha com cerca de 32% do valor encontrado para a armadura em PRFV, mas nesse caso em específico ambos os materiais atendem ao limite estabelecidos pela NBR 6118:2014. Os cálculos das armaduras transversais foram realizados atendendo a norma NBR 6118:2014, pois os cálculos da Norma ACI 440.1R-15 demonstrou que o concreto em si já resiste à força cortante solicitante. As armaduras transversais demonstraram novamente o alto coeficiente de segurança da norma americana em relação ao PRFV, na qual o mesmo é superior em quase quatro vezes a área mínima de aço, mas como a própria norma cita, mais estudos devem ser realizados sobre o tema. Mas ressalta-se que para cada caso em especifico deve ser considerado o tipo de estrutura que mais se enquadrar para solucionar o problema, visto que esse objetivo em específico não é o principal objetivo desse trabalho.

Os dimensionamentos aqui calculados atendem a norma NRB 6118:2014 tanto no aço, quanto na adaptação para o cálculo com a armadura em PRFV, esse último sendo calculado com informações como características físicas, e coeficientes de segurança da norma ACI 440.1R-15, e ensaios que foram fornecidos pela empresa fabricante de vergalhões STRATUS FRP.

CONCLUSÃO

O trabalho teve como tema a análise de cálculo entre uma estrutura de concreto armada com o aço e outra armada com vergalhões de PRFV, pois apesar de o aço ser algo mais comum na construção civil, é pouco resistente à corrosão, obtendo como uma solução aparente, a utilização dos vergalhões em PRFV.

A partir do dimensionamento com os dois materiais conclui-se que o PRFV tem uma ligeira vantagem em relação ao aço a favor de resistir à tração, mas como o coeficiente de segurança da norma norte americana tem um valor elevado, faz com que o mesmo necessite de um diâmetro maior que o aço para resistir as solicitações.

Assim, com o estudo aplicado conclui-se que mesmo o PRFV tendo um valor de flecha superior, é uma opção de substituição ao aço em ambientes corrosivos, sendo que o mesmo apresenta características similares ao do aço em relação ao seu cálculo, com características físicas que atendem às solicitações de esforços. Como uma possibilidade de continuação desse trabalho além dos cálculos teóricos, seria razoável o teste em laboratório das vigas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estrutura de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**:2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

BROWN, T. L. *et al*. **Química: a ciência central.** 13. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de aço: dimensionamento prático.** 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

CANEVAROLO JUNIOR. S. V. **Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 2. ed. São Paulo: Artliber Editora, 2002.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução.** 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 440.1R-15**: Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with PRF Bars. Farmington Hills, 2015.

BASTOS, P. S. S. **Disciplina: 2117 – Estruturas de concreto I: Notas de aulas.** Faculdade de engenharia, UNESP. Bauru, 2015.

MERLIN, A. J. **Análise probabilística do comportamento ao longo do tempo de elementos parcialmente pré-moldados com ênfase em flechas de lajes com armação treliçada.** 2006. 212f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2006.

STRATUS, F. R. P. **Ensaio de tração – Stratus (catálogo).** São José dos Campos, São Paulo. 2020.

COMPARATIVO DOS RESULTADOS DE DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ENTRE UMA ANÁLISE DE *SOFTWARE* E ANÁLISE MANUAL EM UMA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO.

COMPARATIVE OF STRUCTURAL SIZING RESULTS BETWEEN SOFTWARE ANALYSIS AND MANUAL ANALYSIS IN A CONCRETE STRUCTURE.

Rafael Campanha **Brichi**
Romulo Menck **Romanichen**

RESUMO

Com o avanço da tecnologia nos últimos anos, uma gama de *softwares* voltados para projetos de engenharia estrutural foi desenvolvida, a fim de ampliar a capacidade de simular combinações de análises e se aproximar muito mais da situação real de uma edificação do que a forma que tais análises eram realizadas manualmente. Com isso, esse estudo busca comparar o resultado do dimensionamento de uma estrutura calculada pela análise de um *software* e uma análise manual seguindo a NBR 6118/2014 – Projeto de estruturas em concreto, responsável por definir os parâmetros de estruturas em concreto atualmente no Brasil e a NBR 6120/1980 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificação, na qual é usada para determinar as considerações de cargas a serem aplicados no projeto da estrutura. O comparativo apresenta os valores das áreas de aço necessárias, calculados em ambos os métodos, para resistir aos esforços do projeto. Os resultados encontrados pelos cálculos manuais foram inferiores aos valores obtidos pelo *software*, porém considerando os fatores da análise computacional é possível constatar que a utilização do programa apresenta a forma mais indicada para a elaboração do projeto em estudo.

Palavras-chave: Análise Estrutural. Cálculo Estrutural. Concreto Armado. Dimensionamento. Eberick.

ABSTRACT

With the advancement of technology in recent years, a range of software for structural engineering projects has been developed in order to expand the ability to simulate combinations of analyzes and to get much closer to the real situation of a building than the way such analyzes were performed manually. Thereby, this study seeks to compare the result of the design of a structure calculated by analyzing software and a manual analysis following NBR 6118/2014 - Design of concrete structures, responsible for defining the parameters of concrete structures in Brazil and NBR 6120/1980 - Loads for the calculation of building structures, in which it is used to determine the load considerations to be applied in the design of the structure. The comparison shows the values of the necessary steel areas, calculated in both methods, to resist the efforts of the project. The results found by manual calculations were lower than the values obtained by the software, however considering the factors of the computational analysis it is possible to verify that the use of the program presents the most suitable form for the elaboration of the project under study.

Keywords: Eberick. Reinforced Concrete. Sizing. Structural Analysis. Structural Calculation.

INTRODUÇÃO

A Engenharia Estrutural é uma área da Engenharia Civil na qual muitos engenheiros buscam se especializar, conhecidos como engenheiros estruturais ou também, engenheiros calculistas.

Segundo Martha (2010), "uma estrutura pode ser concebida como um empreendimento por si próprio, como no caso de pontes e estádios de esporte, ou pode ser utilizada como o esqueleto de outro empreendimento, como no caso de edifícios e teatros".

Um projeto estrutural deve satisfazer plenamente a todos os requisitos pelo qual ele foi desenvolvido, atendendo sempre as questões de utilização, segurança, ambientais, condições construtivas e econômicas, segundo suas respectivas normativas, (MARTHA, 2010).

O livro Duas Novas Ciências de Galileu Galilei (1638) marcou o início conforme citado em Martha (2010) da "formalização teórica da Engenharia Estrutural", onde seus estudos sobre resistências dos materiais abriram caminho para novos autores e novas descobertas, que culminaram no que há de conhecido hoje sobre análises estruturais.

Um projeto estrutural pode ser concebido em diversos tipos de matérias, tendo como seus principais: Concreto, aço e madeira. Este trabalho terá como foco as estruturas executadas em concreto armado.

De acordo com Bastos (2006), o termo concreto armado pode ser definido como a união do concreto simples (composto por cimento, brita, areia e água como ligantes) e um material de alta resistência a tração, como o aço. Uma vez que o concreto sozinho possui em geral uma boa resistência a compressão porem uma baixa resistência a tração (cerca de 10% de sua resistência a compressão), se faz necessário a utilização de um material que possa realizar o papel de resistência aos esforços de tração e ao mesmo tempo possua aderência junto ao concreto para que haja a transferência destes esforços.

Até algumas décadas atrás, a forma como se realizava os cálculos e análises das estruturas a serem executadas era de forma praticamente toda manual, o que acarretava em logos prazos para a conclusão desses processos. Em vista dessa necessidade por agilidade dessas verificações e com o avanço da tecnologia, uma grande gama de *softwares* fora desenvolvida com a finalidade de otimizar e garantir uma maior assertividade nas elaborações de projetos estruturais.

Atualmente o avanço constante dessas ferramentas computacionais fez com que os cálculos de forma manual fossem praticamente extintos na iniciativa de novos projetos, pois apresentam em geral uma alta eficiência na apresentação dos resultados e uma grande assertividade em suas verificações. Porém de acordo com Kimura (2007) "O *software* não substitui e jamais substituirá o papel do Engenheiro", pois de acordo com o autor, os *softwares* não possuem a capacidade de distinguir a qualidade das estruturas e devem ser usados apenas para automatização dos cálculos e refinamento de análises.

Um Pórtico Espacial consiste em um modelo tridimensional, composto por elementos lineares (barras), que possibilita a avaliação do comportamento global de todo o edifício, onde cada seção (nó) apresenta seis esforções internos, sendo: dois momentos fletores, um esforço normal, dois esforços cortantes e um momento de torção. Também conhecido como método dos deslocamentos, esse método segundo Martha (2010) busca "Somar uma série de soluções básicas (chamadas de casos básicos) que satisfazem as condições de compatibilidade, mas não satisfazem as condições de equilíbrio da estrutura original, para, na superposição, restabelecer as condições de equilíbrio", ou seja, diferentemente da análise em pórticos isolados, a análise espacial consiste em verificar toda a estrutura em conjunto, levando em considerações ações horizontais e verticais sem que seja necessário a análise individual de cada elemento e sim agrupar toda a estrutura em um único pórtico tridimensional.

Em relação aos *softwares* de análise como o Eberick, de acordo o suporte apresentado no site da AltoQI, esse conceito é aplicado a um modelo integrado que por sua vez não só agrupa toda as barras da estrutura em único pórtico espacial como também inclui a presença das lajes para efeito de estabilidade global, sendo assim mais consistente que as isoladas.

Ao se analisar uma estrutura em uma análise bidimensional de pórticos isolados, primeiramente é adotada a hipótese de que os elementos possuem um comportamento de deformação linear segundo a Lei de Hooke, ou seja, a relação entre tensão e deformação tem uma característica linear onde a resultante é denominada módulo de elasticidade e seu valor é específico para cada material utilizado (FONTES, 2005).

Segundo a NBR 6118 a análise de esforços da estrutura deve ser verificada através do ELU (Estado-Limite Último), onde é considerado os esforços necessários para o colapso da estrutura. O Estado-Limite Último utiliza coeficientes de segurança para majoração dos esforços, afim de garantir a estabilidade da estrutura.

De acordo com Fontes (2005), os esforços considerados por esse modelo de análise são os esforços cortantes, normais e momentos fletores. Devido ser tratado como um plano bidimensional, não é possível se obter esforços de torção para a edificação, de modo que, esse método se mostra eficiente em edificações onde a estrutura demostra uma boa simetria, sendo pouco susceptível a afeitos de torção.

A análise de pórticos planos é iniciada a partir da análise dos esforços advindos da laje onde os valores das cargas aplicadas são parametrizados pela NBR 6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Uma das formas de obtenção das reações provenientes dos esforços verticais é a utilização das tabelas da UNESP, onde os valores foram extraídos de BARES e adaptada por PINHEIRO (1994), na qual são apresentados coeficientes para se obter os esforços de acordo com a dimensão dos vãos e a forma como serão executadas as lajes (engastadas ou apoiadas) em cada extremidade.

Estes esforços juntamente com os esforços provenientes do carregamento de paredes serão descarregados nos pórticos formados pelas vigas e pilares pertencentes ao mesmo plano e que servem de sustentação para a laje analisada. A análise dos pórticos deve ser realizada tanto na direção X como na direção Y, pois uma vez que um pilar serve de apoio para vigas que estejam em ambas as direções, a força aplicada no topo do pilar será a resultante da somatória entre as reações de apoio calculadas nas vigas da direção X e Y naquele ponto.

Decorrente das particularidades que cada método de análise apresenta, esse trabalho tem como objetivo principal uma comparação entre os resultados de uma análise computacional de pórticos espaciais e uma análise manual de pórticos isolados em um mesmo projeto, com a finalidade de apresentar as divergências dos elementos calculados entre os métodos de análise citados.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração deste estudo, inicialmente foi desenvolvido um projeto arquitetônico (Figura 1 e 2) utilizando o programa AutoCAD 2016, no qual é composto de uma edificação de 2 pavimentos, sendo um térreo para uso comercial com 122,71 m^2 e pé direito de 3,00 m e o pavimento superior de utilização residencial unifamiliar com 89,66 m^2 e pé-direito de 2,80 m.

Seguindo para análise da estrutura de forma computacional, foi utilizado o programa Eberick para desenvolvimento do projeto estrutural, onde o *software* realizou de forma integrada a análise de todos os componentes estruturais da edificação.

Na análise manual, foi utilizado as mesmas seções de concreto aplicados no dimensionamento computacional, a fim de garantir que a contribuição do concreto não gerasse interferência nas áreas de aço. Para obtenção dos valores de reação de apoio e momentos fletores, foi utilizado o programa Ftool, no qual foi aplicado aos pórticos os valores de cargas provenientes das lajes e paredes.

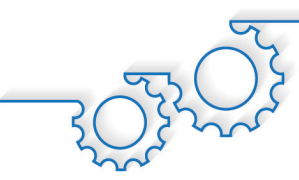



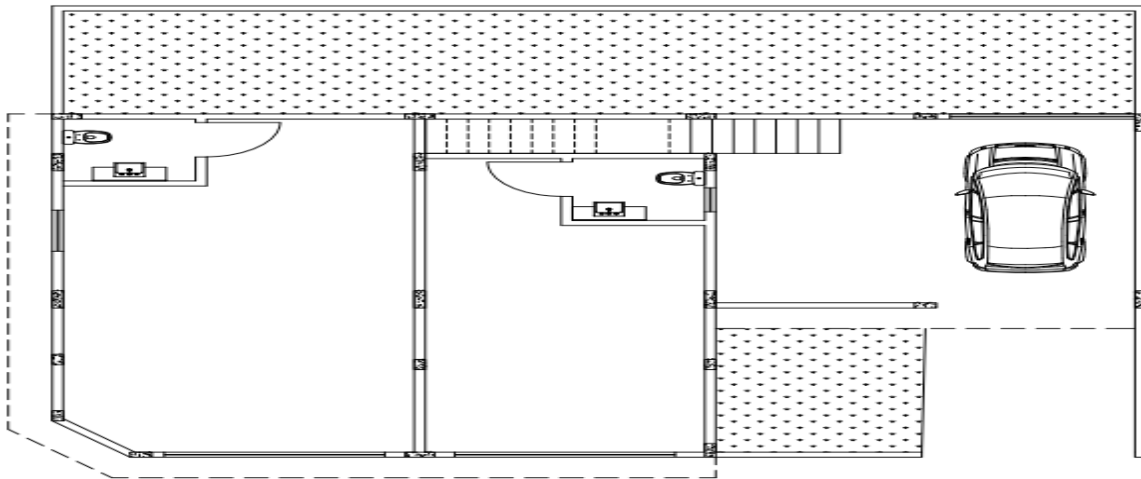
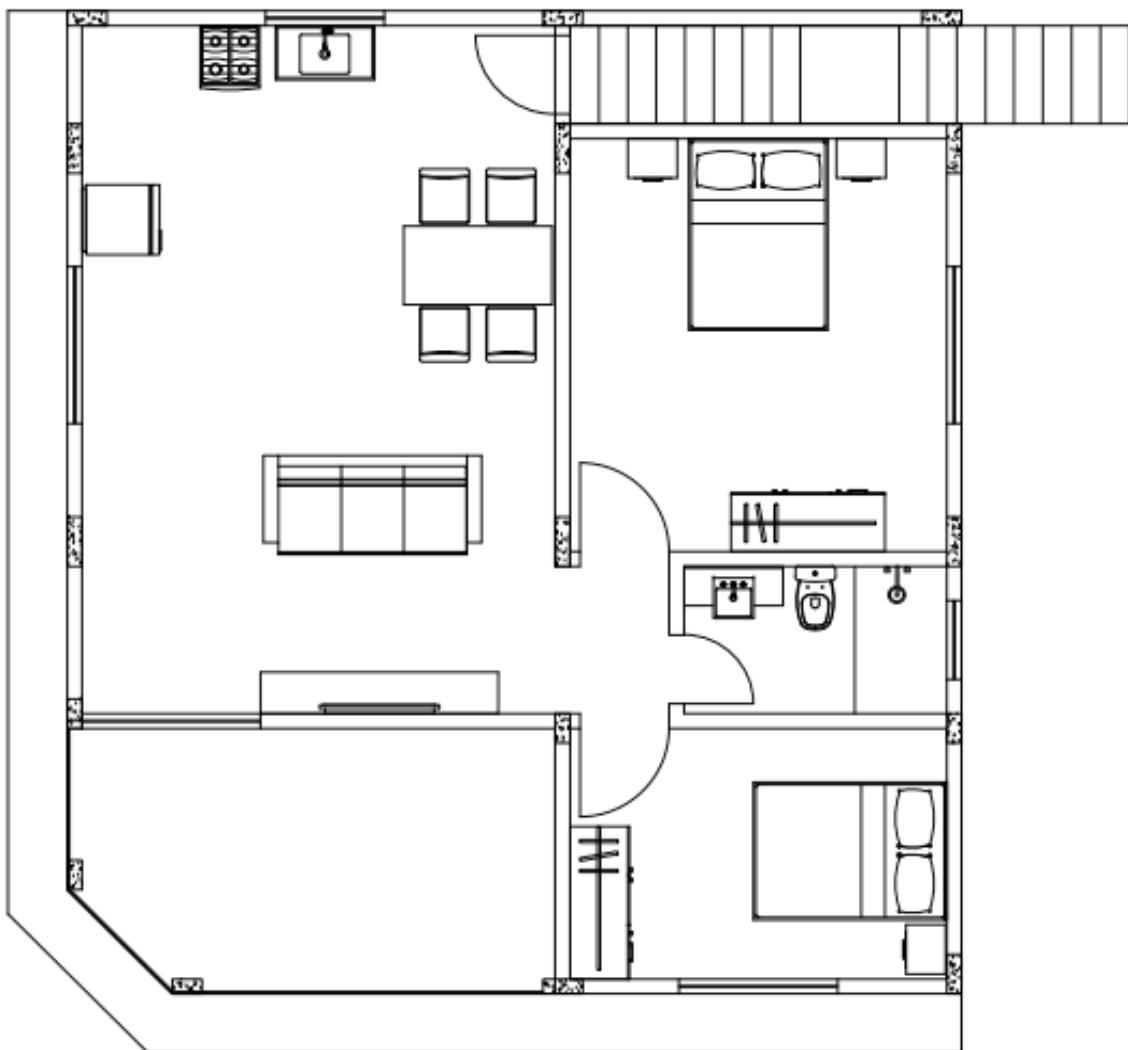
Figura 1 - Projeto arquitetônico – pavimento inferior

Fonte: os autores.

Figura 2 - Projeto arquitetônico – pavimento superior

Fonte: os autores.

Todos os elementos foram dimensionados considerando uma resistência do concreto de 25 mPa, aço CA-50 de barra nervurada e cobrimentos dos elementos em 3,0 cm de acordo com a tabela 7.1 e 7.2 da NBR 6118/2014, que trata da resistência mínima do concreto e o cobrimento mínimo necessário respectivamente, esses valores mínimos são relacionados à classe de agressividade que a edificação está exposta, conforme apresentado na tabela 6.1 da NBR 6118 onde ambientes urbanos são classificados como Classe 2.

DIMENSIONAMENTO

Salientando que a elaboração do projeto utilizado tem por finalidade apenas um estudo acadêmico, foram desconsiderados os efeitos de vento, carga da caixa d'água e presença da escada, que diante de uma análise manual poderiam gerar divergências consideráveis na análise de pórticos planos e distorcer o resultado final.

Primeiramente foram pré-dimensionados os elementos estruturais (lajes, vigas e pilares), respeitando os valores limites apresentados pelo item 13.2 da NBR 6118/2014. Onde cada elemento posteriormente foi dimensionado a partir das seguintes verificações:

Lajes

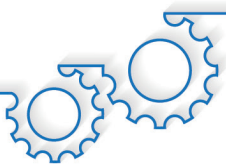
O projeto foi constituído de lajes maciças de concreto armado seguindo as especificações do item 13.2.4.1 - Lajes maciças, presente na norma:

- 7 cm para cobertura não em balanço;
- 8 cm para lajes de piso não em balanço;
- 10 cm para lajes em balanço.

Ainda segundo a Tabela 1 extraída da NBR 6118/2014, "No dimensionamento das lajes em balanço, os esforços solicitantes de cálculo a serem considerados devem ser multiplicados por um coeficiente adicional Ɣn", de acordo com o indicado na tabela abaixo:

Tabela 1 - Valores do coeficiente adicional Ɣn para lajes em balanço

h (cm)	≥19	18	17	16	15	14	13	12	11	10
Ɣn	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45

Ɣn = 1,95 – 0,05h;
h é a altura da laje, expressa em centímetros (cm).

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2014).

Após a análise de flechas nas lajes utilizando o *software*, foi verificado que algumas lajes ultrapassavam o valor limite admitido por norma, portanto, a fim de suprir a necessidade das lajes irregulares e padronizar uma mesma altura para todas as lajes, foi adotado o valor de h=8cm, com exceção das lajes em balanço que foram dimensionadas com valor mínimo de 10cm atribuído pela norma.

Para o cálculo manual inicialmente foi calculado o valor do lambda, expresso pela equação 1 referente a relação entre o maior e o menor vão da laje.

$$\lambda = \frac{maior\ vão}{menor\ vão} \qquad (1)$$

A altura útil da laje “d” foi calculada através da equação 2 adotando um cobrimento de 2,5cm e barras de ø0,63cm.

$$d = h - \left(\frac{øbarra}{2}\right) - cobrimento \qquad (2)$$

Após a obtenção desses valores, foram utilizadas as tabelas citadas de PINHEIRO (1994) para o cálculo das reações de apoio a serem descarregadas nas vigas e os momentos fletores a serem utilizados para o dimensionamento das armaduras.

Os resultados dos momentos atuantes foram aplicados na equação 3 para obtenção do valor de Kc e posteriormente foi utilizada a tabela A-2 – Valores de K_c e K_s, retirada da apostila Estruturas de Concreto 1 - UNESP (Bauru/SP) para calcular os valores de As utilizando a equação 4.

$$Kc = \frac{bw.d^2}{Md} \qquad (3)$$

$$As = \frac{Ks.Md}{d} \qquad (4)$$

Em que:
bw = 100cm;
d = altura útil da laje;
Md = Momento fletor de cálculo;
Ks = valor determinado pela tabela;
As = área da seção transversal de aço por metro.

Após o cálculo da armadura necessária para a resistência dos esforços, foi realizada a verificação da armadura mínima exigida no item 19.3.3.2 da NBR 6118/2014, onde a taxa mínima de armadura é de 0,67 do valor mínimo absoluto adotado no item 17.3.5.2.1, que corresponde a 0,15% da área da seção transversal de concreto, na qual para as lajes, foram adotadas a largura de 1m, devido ao seu dimensionamento também ser referente a cada metro.

Vigas

Conforme estabelecido pela NBR 6118/2014 no item 13.2.2, as vigas não podem apresentar uma seção transversal com largura inferior a 12cm, respeitando os valores de espaçamento e cobrimento estabelecidos pela norma, porem para este projeto foi adotado para todas as vigas, uma largura de 14cm a fim de manter o alinhamento com os pilares. A altura das vigas foi pré-dimensionada adotando valores de 30, 40 e 50cm, dependendo do vão que se encontram.

Primeiramente foram determinadas as posições da linha neutra pela equação 5, onde se encontra a divisão entre esforços de tração e compressão, através da seguinte equação.

$$Md = 0{,}68.bw.X.fcd.(d - 0{,}4x) \qquad (5)$$

Em que:
Bw = largura da viga;
X = posição da linha neutra;
Fcd = Resistência de cálculo do concreto a compressão;
Md = Momento de cálculo atuante.

Os momentos atuantes nas vigas apresentado na figura 8 são resultantes da somatória entre as cargas verticais exercidas pelas reações de apoio advindas das lajes e a carga da parede presente sobre a viga, ambas consideradas como cargas distribuídas, conforme demonstrado nas figuras 3.

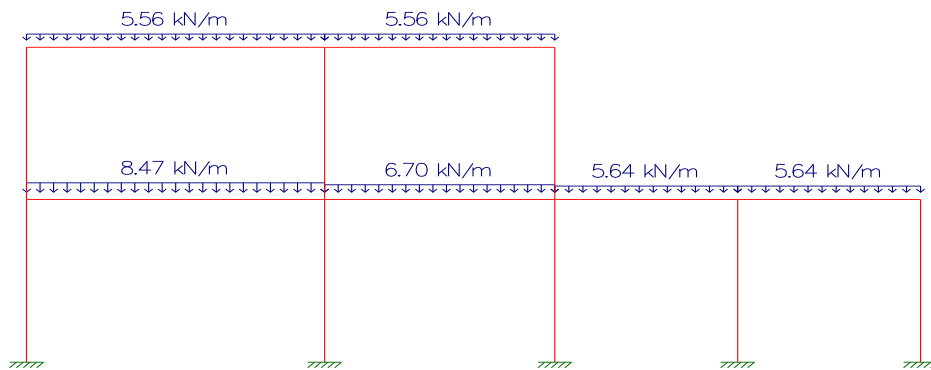
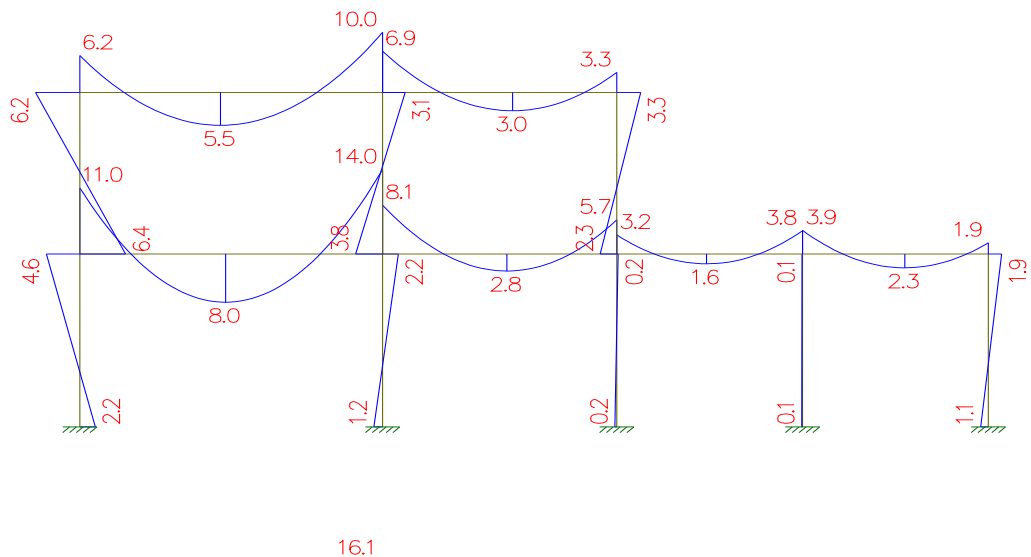
Figura 3 - Cargas distribuídas aplicada aos pórticos

Fonte: os autores.

Figura 4 – Momentos fletores resutantes

16.1

Fonte: os autores.

Posteriormente a obtenção dos momentos fletores e a posição da linha neutra, é possível dimensionar as armaduras positivas e negativas da viga a partir da equação 6:

$$As = \frac{Md}{fyd.(d-0{,}4x)} \tag{6}$$

Em que:

fyd = valor da resistência de cálculo do aço a tração, adotando o valor de 43,50 kN/cm^2.

d' = distância do eixo da barra da armadura negativa até o topo do pilar.

Após o cálculo da armadura necessária para a resistência dos esforços, foi realizada a verificação da armadura mínima absoluta exigida no item 17.3.5.2.1 da NBR 6118/2014 conforme citado no item de lajes.

Pilares

De acordo com o item 13.2.3 da NBR 6118/2014, não é permitido pilares que possuam uma seção transversal com dimensão inferior a 19cm. Porem em casos especiais como o de pequenas edificações, a norma permite que a seção mínima limite seja de 14cm conforme mostra a Tabela 2, desde de que seja respeitada a área da seção transversal de no mínimo 360cm^2 e que os esforços solicitantes finais de cálculo sejam majorados por um coeficiente adicional.

Tabela 2 - Valores do coeficiente adicional ɣn para pilares e pilares-parede

b (cm)	≥19	18	17	16	15	14
ɣn	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25

ɣn = 1,95 – 0,05 b;

b é a menor dimensão da seção transversal, expressa em centímetros (cm).

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2014).

Para este projeto todos os pilares foram dimensionados com a menor dimensão permitida pela norma e sua outra dimensão variando também nos formatos 30, 40 e 50cm de acordo com sua posição.

Da mesma forma que são obtidas as reações de apoio das lajes para o cálculo das vigas, os esforços de cálculo utilizados para o dimensionamento dos pilares, são resultantes das reações de apoio das vigas, conforme mostrado na figura 10 anteriormente, os esforços cortantes são transferidos como cargas axiais para os pilares. Neste projeto foram analisados os pórticos tanto na direção X como na direção Y, conforme a figura 4. As cargas (Nd) utilizadas no dimensionamento foram as resultantes da soma entre as reações de apoio em ambos os sentidos.

Inicialmente foram determinados os índices de esbeltez dos pilares, utilizando a equação 7:

$$\lambda = \frac{le}{i} \tag{7}$$

Para a obtenção do raio de giração e do momento de inércia foram utilizadas as equações 8 e 9 respectivamente:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \tag{8}$$

$$I = \frac{b.h^3}{12} \tag{9}$$

Em que:
Le = comprimento do pilar;
i = raio de giração;
I = momento de inércia;
A = área da seção transversal;
λ = índice de esbeltez;
b = largura da seção transversal;
h = altura da seção transversal.

A partir dessa equação todos os pilares obtiveram o maior valor de esbeltez entre 35≤ λ≤90. De acordo com Carvalho e Pinheiro (2009), esses pilares são classificados como mediamente esbeltos e por isso devem ser considerados os efeitos locais de 2° ordem.

Portanto, além dos esforços axiais, e dos momentos mínimos de 1° ordem, também foram calculados a contribuição de 2° ordem para estes momentos. Assim foram obtidos os esforços de momento pela equação 10:

$$M_{total} = [Nd.(1{,}5 + 0{,}03h)] + [Nd.\frac{le^2}{10}.\frac{1}{r}] \tag{10}$$

O dimensionamento da armadura dos pilares foi realizado com o auxílio dos ábacos de seções retangulares em concreto armado com aço CA-50.

A escolha dos ábacos deve ser verificada através da configuração de armadura desejada e da relação d'/h. Para este projeto, foram utilizados os ábacos A-4, A-24 e A-25. Após a adoção do ábaco ideal, a verificação da área de armadura é realizada em ambas as direções, de acordo com as equações 11, 12 e 13 extraídas do próprio ábaco:

$$\nu = \frac{Nd}{Ac.fcd} \tag{11}$$

$$\mu = \frac{Md}{Ac.h.fcd} \tag{12}$$

$$\omega = \frac{As.fyd}{Ac.fcd} \tag{13}$$

A verificação da taxa de armadura mínima para os pilares foi verificada através da equação 14 seguindo o item 17.3.5.3.1 da norma de concreto armado:

$$As{,}mín = (0{,}15\ Nd/fyd) \geq 0{,}004.Ac \tag{14}$$

Considerações do projeto

Conforme apresentados no quadro 3, foram adotados para este projeto os carregamentos com base na NBR 6120/1980 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.

Tabela 3 - Valores de carga aplicadas na estrutura

Peso próprio do concreto armado	25kN/m³
Peso próprio do revestimento	0,85kN/m²
Carga acidental da laje 1	2kN/m²
Carga acidental da laje 2	0,5kN/m²
Peso próprio da cobertura	0,7kN/m²
Carga de parede	13kN/m³ - espessura de 15cm

Fonte: os autores.

RESULTADOS

O arranjo estrutural mostrado nas figuras 5 e 6 aplicado ao projeto arquitetônico proposto foi propositalmente modelado para que praticamente todas as vigas fossem apoiadas em pilares e não em outras vigas, a fim de minimizar a influência de momentos torsores no dimensionamento da estrutura, pois a análise desses momentos em pórticos planos podem apresentar divergências consideráveis em relação a análise computacional.

Lajes

No dimensionamento da armadura nas lajes foi possível observar uma diferença considerável nos resultados, principalmente na armadura negativa, conforme apresentado nos quadros 1 e 2. Exclusivamente para as lajes, a verificação dos esforços se deu por métodos diferentes entre a análise manual e computacional. Na análise computacional, os esforços foram calculados pela analogia de grelhas, enquanto na análise manual a mesma se deu pelo método de tabelas da UNESP conforme citado no item de pórticos isolados.

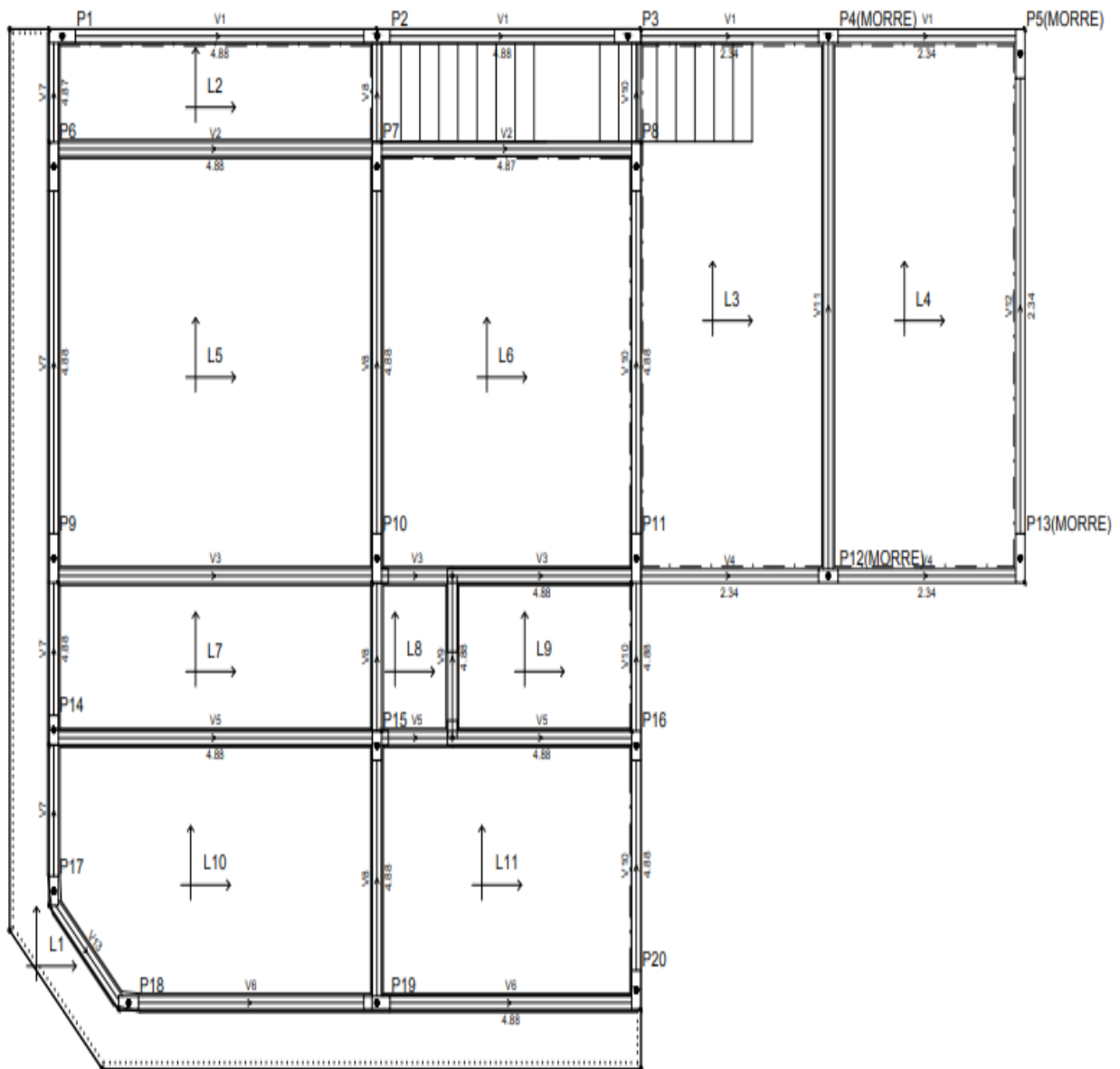
Figura 5 - Projeto estrutural da laje 1

Fonte: os autores.

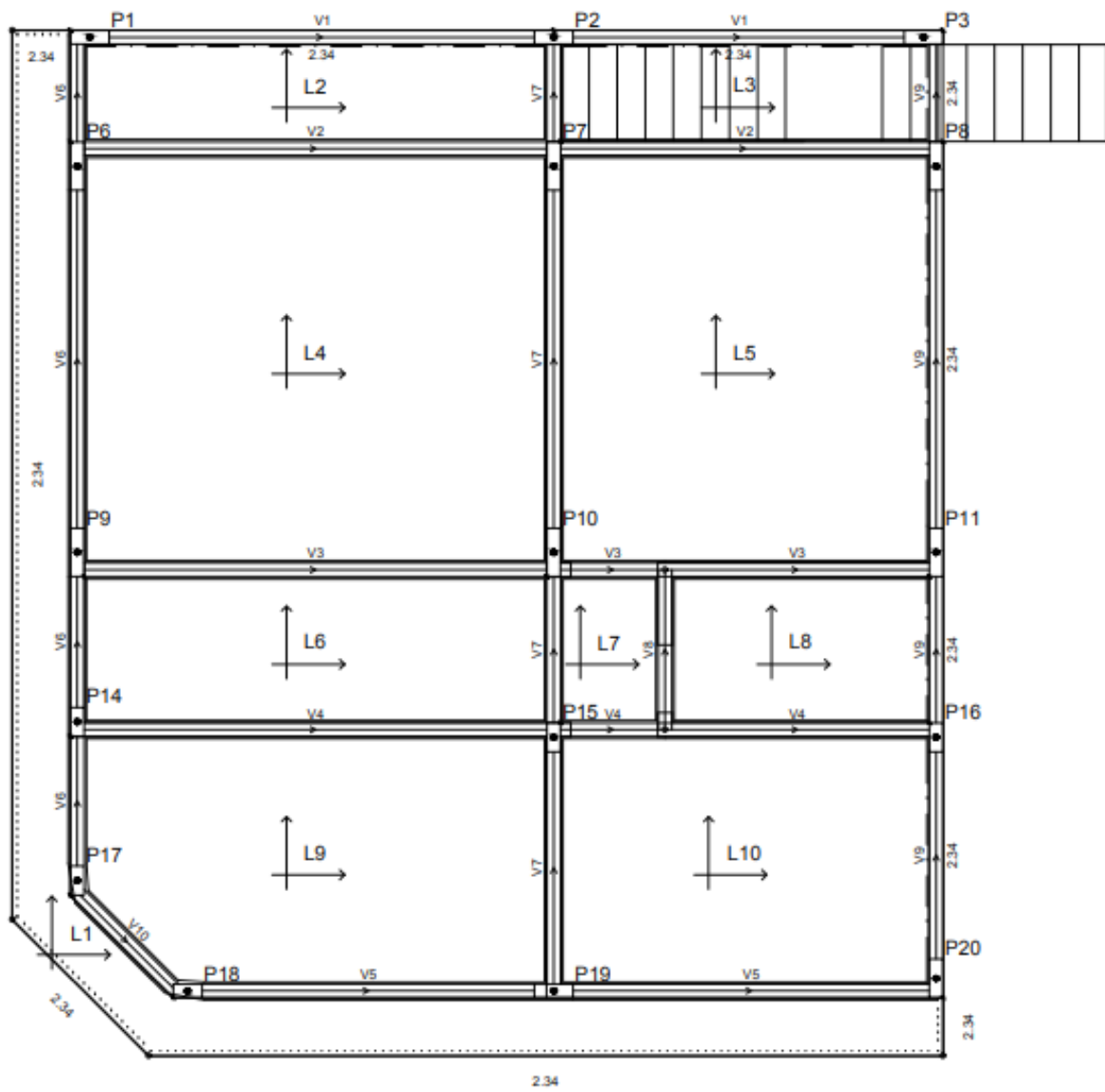
Figura 6 - Projeto estrutural da laje 2

Fonte: os autores.

Tabela 4 - Resultado de As de lajes do primeiro pavimento (cm²/m)

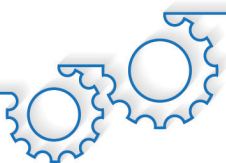
N° Laje	As positivo y		As positivo x		As negativo y		As negativo x	
	Eberick	Manual	Eberick	Manual	Eberick	Manual	Eberick	Manual
L1	1,01	0,90*	1,07	0,90*	0,68	0,90*	0,63	1,00*
L2	0,90	0,80*	0,99	0,80*	0,52	0,80*	1,77	0,80*
L3	1,34	0,80*	0,99	1,07	1,34	0,80*	0,80	2,29
L4	1,33	0,80*	0,99	1,07	1,33	0,80*	0,80	2,29
L5	1,66	1,18	1,94	1,61	4,61	3,63	3,68	4,04
L6	1,90	1,34	1,71	1,60	4,74	4,01	3,56	4,28
L7	0,90	0,80*	0,99	0,80*	0,74	0,80*	2,72	0,80*
L8	0,90	0,80*	0,99	0,80*	0,83	0,80*	0,94	0,80*
L9	1,31	0,80*	0,90	0,80*	0,90	0,80*	2,05	0,80*
L10	0,90	0,80*	1,33	0,93	2,03	1,36	1,72	1,93
L11	0,90	0,80*	1,16	0,87	1,94	1,36	2,21	1,88
Variação média	32%		20%		32%		69%	

Fonte: os autores.

Tabela 5 - Resultado de As de lajes do segundo pavimento (cm²/m)

N° Laje	As positivo y		As positivo x		As negativo y		As negativo x	
	Eberick	Manual	Eberick	Manual	Eberick	Manual	Eberick	Manual
L1	1,01	0,90	1,07	0,90	1,60	0,90	1,93	1,93
L2	0,90	0,80	0,99	0,80	0,65	0,80	1,37	0,80
L3	0,90	0,80	0,99	0,80	0,00	0,80	1,33	0,80
L4	1,01	0,80	1,16	1,06	2,56	2,30	1,90	2,57
L5	0,99	0,86	0,99	0,84	2,52	2,33	1,90	2,24
L6	0,90	0,80	0,99	0,80	0,81	0,80	1,41	0,80
L7	0,90	0,80	0,99	0,80	0,44	0,80	0,58	0,80
L8	0,90	0,80	0,99	0,80	0,00	0,80	1,17	0,80
L9	0,90	0,80	0,99	0,80	1,08	0,90	1,57	1,27
L10	0,90	0,80	0,99	0,80	0,99	0,90	1,44	1,24
Variação média	14%		21%		39%		37%	

Nota: *Área de aço adotada a partir da taxa de armadura mínima.

Fonte: os autores.

Vigas

Após realizado o quadro comparativo entre as armaduras das vigas, foi possível verificar que a variação apresentada foi a menor entre os elementos estruturais, uma vez que a diferença dos esforços em ambas as análises é decorrente apenas da divergência das reações de apoio advindas das lajes.

Outro ponto verificado nos quadros 3 e 4 foi a presença de armadura mínima em grande parte das vigas, o que poderia mascarar a média de variação apresentada nos cálculos, portanto os elementos cuja a armadura foi detalhada com o valor mínimo especificado no item 17.3.5.2.1 da NBR 6118/2014 foram descartados do cálculo de variação média.

Tabela 6 - Resultado de As das vigas do primeiro pavimento

N° VIGA	As positivo cm^2			As negativo cm^2		
	Eberick	Manual	Variação	Eberick	Manual	Variação
V1	0,84*	0,84*	0%	1,34	0,91	32%
V2	2,02	1,05*	48%	2,69	1,51	44%
V3	1,46	1,05*	28%	2,39	1,26	47%
V4	0,84*	0,84*	0%	0,86	0,84*	2%
V5	1,56	1,05*	33%	2,45	1,65	33%
V6	0,98	0,84*	14%	1,62	0,87	46%
V7	0,84*	0,84*	0%	1,71	1,32	23%
V8	1,14	1,05*	8%	2,10	1,36	35%
V9	0,84*	0,84*	0%	0,84*	0,84*	0%
V10	0,87	0,84*	3%	1,61	1,32	18%
V11	2,47	1,25	49%	1,05*	1,39	32%
V12	1,05*	1,05*	0%	1,05*	1,05*	0%
V13	0,84*	0,84*	0%	0,84*	0,84*	0%
Média*			26%			31%

Nota: *Área de aço adotada a partir da taxa de armadura mínima.
Fonte: os autores.

Tabela 7 – Resultado de As das vigas segundo pavimento

N° VIGA	As positivo cm^2			As negativo cm^2		
	Eberick	Manual	Variação	Eberick	Manual	Variação
V1	0,84*	0,84*	0%	0,84*	0,84*	0%
V2	1,05*	1,05*	0%	1,45	1,05*	28%
V3	1,05*	1,05*	0%	1,42	1,05*	26%
V4	1,05*	1,05*	0%	1,05*	1,05*	0%
V5	0,84*	0,84*	0%	1,28	1,33	4%
V6	0,84*	0,84*	0%	1,14	1,10	4%
V7	1,05*	1,05*	0%	1,12	1,05*	6%
V8	0,84*	0,84*	0%	0,84*	0,84*	0%
V9	0,84*	0,84*	0%	0,84*	0,84*	0%
V10	0,84*	0,84*	0%	0,84*	0,84*	0%
Média*			0%			13%

Nota: *Área de aço adotada a partir da taxa de armadura mínima.
Fonte: os autores.

Pilares

Os resultados apresentados pelos pilares foram os mais discrepantes entre os elementos analisados, conforme apresentado no quadro 5, a variação chegou a 119% no pilar P6, remetendo a conclusão de que o cálculo computacional considerou em sua envoltória de análises esforços que não foram possíveis constatar na análise manual.

Outros artigos publicados como de Souza (2015) e Ruiz (2019) que demostram a comparação de pilares calculados pelo Eberick e outras ferramentas de análise, mostram que o *software* apresenta uma tendência a detalhar essas armaduras com valores acima dos demais recurso.

Tabela 8 - Resultados de As da prumada de pilares

N° pilar	As efetivo cm²		
	Eberick	Manual	Variação
P1	4,71	2,24*	110%
P2	4,71	3,45	37%
P3	4,71	3,45	37%
P4	6,28	8,62	27%
P5	4,71	4,89	4%
P6	6,28	2,87	119%
P7	4,71	2,8*	68%
P8	4,71	2,8*	68%
P9	4,71	2,87	64%
P10	4,71	2,8*	68%
P11	4,71	2,8*	68%
P12	6,28	8,62	27%
P13	4,71	2,8*	68%
P14	3,14	4,31	27%
P15	3,14	1,68*	87%
P16	3,14	1,68*	87%
P17	3,14	1,68*	87%
P18	3,14	2,07	52%
P19	4,71	2,24*	110%
P20	4,71	2,3	105%
Variação média			66%

Nota: *Área de aço adotada a partir da taxa de armadura mínima.

Fonte: os autores.

Analisando os resultados de dimensionamento foi possível verificar que grande parcela dos elementos estruturais tiveram a atribuição de armadura mínima, ou seja, pode-se afirmar que o projeto sofreu uma aplicação excessiva de vigas e pilares, tanto em quantidades demasiadas quanto em seções desnecessárias.

CONCLUSÃO

Em relação ao objetivo principal desse artigo que trata da comparação entre o resultado de ambas as formas de análise, foi correspondida a tese inicial de que os *softwares* tendem a aplicar taxas de armaduras superiores aos modelos de análises mais simples, como a análise linear de pórticos planos, principalmente no dimensionamento dos pilares onde o acumulo da diferença de cargas resultantes da análise de toda a edificação e os momentos fletores analisados na forma de pórticos espaciais, resultaram na maior desigualdade entre os elementos. Porem vale salientar que o *software* realiza as análises através de uma envoltória de esforços e leva em consideração muito mais fatores para concluir o dimensionamento e, portanto, ainda é o método mais assertivo de análise se bem utilizado pelo usuário. É possível concluir que para edificações de pequeno porte como o projeto apresentado neste artigo, um dimensionamento estrutural realizado com o auxílio de um *software* e suas áreas de maiores armaduras reavaliadas de forma mais individual, pode resultar em uma edificação segura e de menor custo construtivo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120:**1980. cargas para o cálculo de estruturas de edificações: procedimento**.** Rio de Janeiro: ABNT, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:**2014. Projeto de Estruturas de concreto - procedimentos**.** Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do concreto armado**. Notas de aula. Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2006.

CARVALHO, R. C.; PINHEIRO, L. M. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado.** São Paulo: Pini, 2009.

FONTES, F. F. **Análise estrutural de elementos lineares segundo a NBR 6118:2003.** 2005. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

FRANCESCHI, L. **Como optar entre o modelo de análise integrado ou de grelha com pórtico espacial.** QiSuporte. 2020.

KIMURA, A. **Informática aplicada a estruturas de concreto armado**. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

MARTHA, L. **Análise de estruturas: conceitos e métodos básicos.** São Paulo: Elsevier Brasil, 2010.

RUIZ, J. C. Análise comparativa do dimensionamento de pilares em concreto armado através de cálculos manuais e com software, **Engenharia Civil: a teoria e prática**. Maringá: Uniedusul, 2019. p. 137-151.

SOUZA, M. R. **Análise comparativa entre dois softwares comerciais para dimensionamento de estruturas em concreto armado.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014.

VIABILIDADE ENTRE ALVENARIA CONVENCIONAL DE BLOCOS CERÂMICOS E PAREDE DE CONCRETO EM HABITAÇÕES POPULARES

FEASIBILITY BETWEEN CONVENTIONAL MASONRY OF CERAMIC BLOCKS AND CONCRETE WALL IN POPULAR HOUSES

Raul Angelo **Pelegrini**
Lourival Domingos **Zamuner**

RESUMO

Com o crescimento da população brasileira, a busca da casa própria vem modificando as tecnologias existentes no setor da construção civil, e diante dessa situação, o Governo Federal implantou o maior sistema habitacional do Brasil, o chamado Programa Minha Casa, Minha Vida, buscando proporcionar uma moradia digna para as famílias brasileiras. Devido à grande demanda dessas unidades habitacionais, as construtoras foram em busca de outros sistemas construtivos eficientes, econômicos e racionalizados. Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo comparativo entre os sistemas construtivos em alvenaria convencional de blocos cerâmicos e parede de concreto moldada *in loco*, em um conjunto habitacional contendo 325 unidades. Os dados apresentados são referentes à pesquisa bibliográfica e documental, sendo apresentadas as características dos dois sistemas, junto com suas vantagens e desvantagens. Devido alguns serviços que se espelham em ambos os métodos foram desconsiderados, por se tratarem da mesma aplicação de valores. Com os projetos da residência foram levantados os quantitativos, e na sequência, os custos financeiros para ambos métodos. Os resultados obtidos demonstram que o método construtivo de parede de concreto moldada *in loco* apresenta ser o melhor sistema construtivo para realizar-se nessa situação, por se destacar em sua produtividade, mão de obra e economia.

Palavras-chave: Alvenaria convencional. Comparativo. Habitação popular. Parede de concreto.

ABSTRACT

With the growth of the Brazilian population, the search for one's own house has been changing the existing technologies in the civil construction sector, and in face of this situation, the Federal Government implemented the largest housing system in Brazil, the so-called My House, My Life Program, seeking to provide decent housing for Brazilian families. Due to the great demand of these housing units, the construction companies were in search of other efficient, economic and rationalized constructive systems. The objective of this work is to carry out a comparative study between the construction systems in conventional masonry of ceramic blocks and concrete wall molded in loco, in a housing complex containing 325 units. The data presented refer to the bibliographic and documentary research, being presented the characteristics of both systems, along with their advantages and disadvantages. Due to some services that mirror both methods, they were disregarded because they are the same application of values. With the projects of the residence the quantitative ones were raised, and in the sequence, the financial costs for both methods. The results obtained show that the concrete wall construction method molded in loco presents itself as the best constructive system to be realized in this situation, because it stands out in its productivity, labor and economy.

Keywords: Conventional masonry. Comparative. Popular housing. Concrete wall.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a população vem crescendo constantemente e com isso tem-se um aumento na demanda de habitações populares, acarretando o aumento na procura da casa própria que vem movimentando o mercado da construção civil. Sendo assim, a habitação é definida como um direito do ser humano, reunindo as qualidades necessárias ao atendimento das condições básicas como de: segurança; saúde; higiene e conforto dos moradores. Contudo, são poucos que têm acesso a moradia própria (ARRUDA, 2000 *apud* SACHT, 2008).

Em vista disso, o Governo Federal criou o Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), possivelmente o maior investimento no sistema habitacional já criado no Brasil, com o intuito de construir diversas moradias acessíveis sob o ponto de vista financeiro para famílias de baixa renda. O programa MCMV busca reduzir o déficit habitacional do país, aumentando o acesso a moradia digna a milhares de famílias brasileiras (BRAGUIM, 2013).

Para viabilizar o Programa MCMV, as construtoras necessitam executar tais empreendimento com agilidade e economia, buscando alternativas construtivas que suprem essa grande demanda com a diminuição da mão de obra, velocidade no processo construtivo, redução de perda, e contendo ainda, na entrega da construção uma alta qualidade no produto final. (BORGES, 2011).

Atualmente, devido a este avanço tecnológico da construção civil no Brasil, existem diversos modelos construtivos. A alvenaria convencional de bloco cerâmico é a mais utilizada, mas além desta, encontra-se outras tipologias construtivas, tais como: a alvenaria estrutural, *steel frame, wood frame*, parede de concreto, entre outros (PEREIRA, 2018).

Uma solução que se enquadra é o método construtivo de parede de concreto moldada *in loco*. Esse sistema basicamente emprega um conjunto de formas de alumínio, telas soldadas de aço e o concreto que irá constituir a parede. Nesse sistema construtivo, a vedação e a estrutura são compostas por um único elemento, e uma das vantagens desse sistema é que juntamente com a parede em concreto, as instalações elétricas, hidráulicas e esquadrias ficam embutidas na mesma, reduzindo assim o trabalho quando comparado com o sistema convencional (BRAGUIM, 2013).

Outra solução muito utilizada é o uso da alvenaria convencional de blocos cerâmicos. Este estudo buscou mostrar as vantagens e desvantagens entre estes dois sistemas construtivos realizado num conjunto habitacional contendo 325 unidades de moradias. Com o projeto arquitetônico da residência padrão, deve-se levar em conta as repetições nas construções das unidades, apresentando valores que constatam a viabilidade de um ou de outro método construtivo em estudo, que esses resultados possam servir de dados e parâmetros para estudantes, profissionais e empresas atuantes no ramo de habitações populares.

O sistema de alvenaria convencional em blocos cerâmicos é constituído por diversos componentes e diferentes processos, dividindo-se em várias etapas. As fundações podem ser divididas em dois grupos, em fundações superficiais (rasas ou diretas) e em fundações profundas (indiretas). Em geral, as fundações superficiais são utilizadas quando o solo imediato abaixo da estrutura é capaz de suportar as cargas da mesma. Já as fundações profundas são utilizadas quando necessita de uma camada de solo profunda mais resistente (CAPUTO, 1987).

A superestrutura pode ser dividida em duas partes, a de estrutura e vedação, a parte estrutural sendo composta por pilares, vigas e laje em concreto armado. Já a vedação por sua vez, é executada por blocos cerâmicos ou de concreto, não possuindo função estrutural, somente para fechamento, divisões de ambientes, resistindo assim, apenas para seu peso próprio (SANTOS, 2013).

Na execução dos elementos estruturais, inicialmente são montadas fôrmas de madeiras para moldar os componentes, e na sequência é inserido a armadura, e por fim, a concretagem do conjunto.

A marcação da alvenaria é a primeira etapa desse processo, sendo a locação da primeira fiada, com a finalidade de garantir o alinhamento da parede e a qualidade do levantamento da alvenaria. Antes de locar o bloco, deverá verificar o nivelamento do piso, e caso haja desnivelamento deve-se remover a saliência ou aplicar argamassa nas depressões, afim de regularizar a superfície (D2R ENGENHARIA, 2012).

Quando do assentamento da alvenaria, deve-se seguir as recomendações do projeto, levando em conta suas posições e espessuras. A elevação das fiadas vão sendo executadas umas sobre as outras de forma que as juntas verticais sejam sempre descontínuas. A NBR 8545 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984, p. 5) diz que o assentamento dos componentes cerâmicos deve ser planejado de tal forma que nos encontros de paredes sejam realizadas juntas de amarração. Devem ser executadas, no mínimo 24 horas, após a execução da impermeabilização da viga baldrame, garantindo assim, a estanqueidade da alvenaria.

É essencial a amarração da alvenaria na estrutura de concreto armado, podendo ser feita com a fixação do ferro cabelo por meio do chapisco grosso utilizando argamassa feito de cimento com areia, executando tal amarração a cada duas fiadas (BORGES, 1996), ou ainda com telas soldadas galvanizadas para amarração de alvenaria com arame 1,24 mm de diâmetro e malha de 15 x 15 mm. Deve-se executar vergas e contravergas para evitar futuras patologias.

No sistema de paredes de concreto moldada *in loco*, as paredes são construídas com a utilização de fôrmas montadas no local da obra, juntamente com as instalações elétricas e hidráulicas inseridas e preenchidas com concreto. Uma de suas principais características é que a estrutura e a vedação são compostas por um único elemento, sendo que todas as paredes de cada ciclo são concretadas em uma única etapa (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

Existem vários tipos de fôrmas para esse sistema, porém as mais utilizadas são fôrmas de alumínio, as plásticas e as metálicas com chapas de compensado (SANTOS, 2013).

Na execução da fundação escolhida, ela deverá ser realizada com um nivelamento rigoroso, para que não interfira nas próximas etapas da obra. A fundação mais utilizada em casas nesse sistema, são do tipo radier, e suas dimensões devem ser maiores que as espessuras dos painéis externos das fôrmas, usando como apoio para facilitar a montagem. As tubulações de hidráulica e elétrica já devem ser instaladas conforme projeto (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

Ainda conforme os autores, é importante observar os seguintes critérios, como a locação e o nivelamento das fundações devem estar de acordo com o projeto arquitetônico e as fôrmas, devendo-se tomar todas as precauções técnicas para evitar que a umidade do solo migre para a edificação, e recomenda-se a cura úmida do concreto por um período mínimo de sete dias para fundações do tipo radier; e por fim, a concretagem das fundações utilizando radier é executada de forma convencional, diretamente do caminhão betoneira sobre uma lona plástica que reveste uma camada nivelada de brita, com espessura mínima de 3 centímetros.

Segundo Missuda e Misurilli (2009), a armadura de aço para o sistema de paredes de concreto, as mais utilizadas são as telas soldadas e posicionadas no eixo vertical da parede, sendo que os cantos como de portas e janelas recebem um reforço de telas ou barras de armadura convencional. E as armaduras devem atender a três requisitos básicos, como resistir aos esforços de flexo-torção nas paredes, e controlar a retração do concreto e, por fim, estruturar e fixar as tubulações de elétrica, hidráulica e gás.

O objetivo das fôrmas é moldar o concreto fresco, dando forma as paredes estruturais. Antes da montagem dos painéis é necessário a aplicação de desmoldante, que possui funcionalidade de impedir que o concreto seja fixado na fôrma, facilitando a desforma (SILVA, 2009).

São ainda recomendações da NBR 16055 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012b) quanto ao uso de agentes desmoldantes, estes garantem que o concreto não tenha aderência à fôrma, como também não deixam resíduos na superfície das paredes ou ser de difícil remoção, podendo comprometer a aderência do revestimento final e o aspecto da parede, e ainda, não alteram as características físicas e químicas do concreto.

Quanto a montagem dos painéis, os mesmos devem seguir o projeto de montagem fornecido pelo fabricante, sempre observando os níveis da laje de piso e os direcionamentos a partir da marcação das linhas de paredes, primariamente executa-se a montagem dos painéis internos, em seguida, os painéis externos e por fim os painéis que compõem a laje, juntamente com suas devidas escoras (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

A concretagem e todas as ações que as procedem são de extrema importância para que a estrutura corresponda ao projeto estrutural, garantido a sua durabilidade e qualidade, e o início da mistura na central e o final do descarregamento no canteiro de obra não deve ultrapassar o tempo decorrido de 150 minutos. Se o concreto for auto adensável, o bombeamento e lançamento do mesmo não deve exceder o tempo de 40 minutos após introduzir o aditivo hiperfluidificante, que geralmente é adicionado no canteiro de obra (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

Quando o concreto chega na obra deve-se verificar alguns critérios como: consistência, abatimento (Slump) e o espalhamento (flow), e o limite para esses critérios deve constar no documento de entrada. Caso o abatimento seja inferior ao apresentado no documento, deverá ser adicionado água suplementar de acordo com as especificações da NBR 7212:2012 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012a).

Quanto a aplicação do concreto deve seguir um planejamento antecipado que Segundo Missuda e Misurilli (2009), alguns pontos que devem ser levados em consideração na aplicação do concreto, como iniciar por um dos cantos da construção até que as paredes próximas estarem cheias, e na sequência, seguir o mesmo procedimento no canto oposto, e quanto a utilização de bombas para o lançamento do concreto, essa reduz a possibilidades de falhas de concretagem e, por fim, não deve ter interrupções com duração superior a 30 minutos.

A desforma pode ser feita após 12 horas da concretagem, e esse é o tempo médio para que o concreto atinja a resistência de 1 MPa, reduzindo os impactos para o surgimento de possíveis fissuras. Para facilitar a próxima execução, recomenda-se que ao retirar os painéis da edificação já concretada, deve-se posiciona-los na próxima unidade afim de facilitar e agilizar a montagem (SANTOS, 2013).

De acordo com Missuda e Misurilli (2009), depois de ter feito toda desmontagem as paredes passam por uma vistoria de qualidade. As rebarbas decorrentes das juntas dos painéis devem ser removidas com uma espátula logo após a desforma, nos furos dos pinos de ancoragem aplica-se argamassa de cimento e areia, deixando-a corrigida para o recebimento do acabamento.

Por fim, esse trabalho tem o objetivo de comparar a viabilidade entre alvenaria convencional de blocos cerâmicos e a parede de concreto moldada *in loco*, em habitações populares.

MATERIAL E MÉTODOS

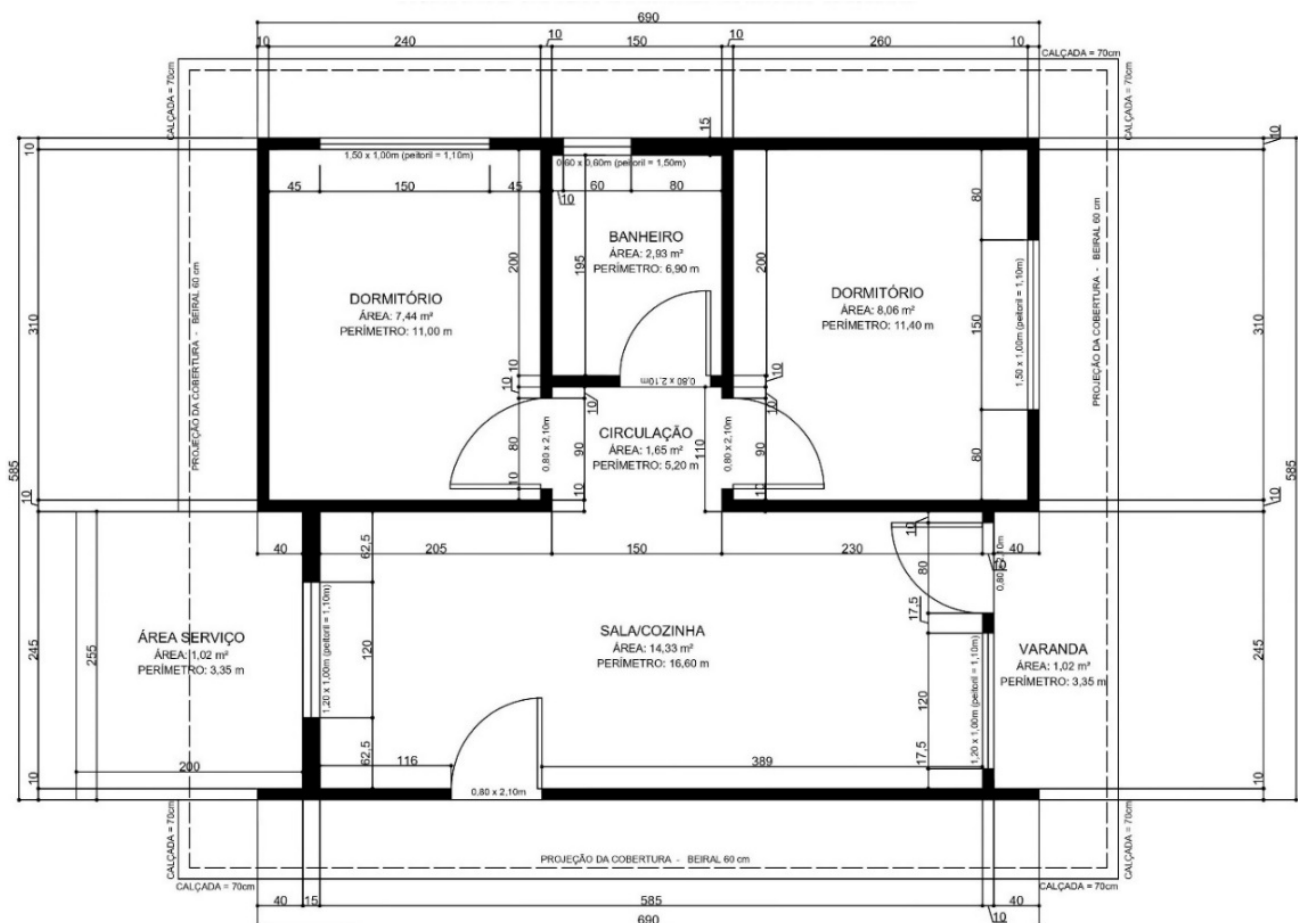
Esse estudo foi elaborado numa construção de um conjunto habitacional composto por 325 unidades de moradias no município de Santa Fé (PR), que se enquadra no Programa MCMV, com o sistema construtivo de parede de concreto moldado *in loco,* e para comparação do empreendimento do trabalho em estudo no sistema de alvenaria convencional, foi elaborado projeto estrutural com fundação em estacas, blocos e vigas baldrames, seguindo a metodologia da norma NBR 8545 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984).

Para o sistema de alvenaria em blocos cerâmicos, os itens avaliados foram: a infraestrutura; a superestrutura; alvenaria de blocos; revestimentos interno e externo de paredes; revestimento de teto e contrapisos.

Quanto as paredes de concreto moldada in loco, os itens avaliados foram: na infraestrutura – escavação, compactação do solo, formas de madeira, lastro de brita, reforço do radier e a concretagem; quanto a superestrutura foram avaliados os itens: a armação, passagens de tubulações; montagem/ desmontagem de formas, concretagem e acabamento e, por fim, a utilização do conjunto de formas.

O projeto arquitetônico estudado é utilizado para a construção de unidades habitacionais que se enquadram no programa MCMV, contendo dois quartos, banheiro, sala de estar/ refeição, cozinha, circulação e lavanderia externa, conforme ilustrado na Figura 1.

Com base nos projeto arquitetônico e complementares, foram realizados levantamentos de todos os quantitativos para a construção de uma unidade habitacional com 40,36 m² de área construída para cada um dos métodos e, por meio dos levantamentos de material e mão-de-obra, foram criadas tabelas de custos utilizando-se a tabela de composições de preços para orçamentos (TCPO), e o Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices (SINAPI), obtendo-se o custo da unidade habitacional de cada sistema construtivo.

Figura 1 - Planta da edificação em estudo

Fonte: os autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cada um dos itens dos sistemas construtivos citados foi composto (material e mão-de-obra) pela TCPO e por meio destes, obtidos os custos finais de cada etapa pela Tabela do SINAPI para uma unidade habitacional com 40,36 m² de área construída Com estes valores, elaborou-se planilhas orçamentárias, apresentando os custos dos materiais e mão-de-obra para a realização de cada etapa de ambos os sistemas descritos, e os resultados encontram-se nas Tabelas (1 e 2) apresentadas abaixo, para comparação entre os mesmos.

Tabela 1 - Resumo de custos de material e mão-de-obra para o sistema em alvenaria convencional de blocos cerâmicos.

SISTEMA CONSTRUTIVO – ALVENARIA CONVENCIONAL DE BLOCOCERÂMICO		
Item	**Descrição**	**Valor**
1	**Infraestrutura**	
1.1	Estacas – Diâmetro 25 MM	R$ 3.725,49
1.2	Blocos – 40x40x40 CM	R$ 1.336,82
1.3	Viga Baldrame - 15x30 CM	R$ 2.264,41
	Custo	R$ 7.326,72
2	**Supra estrutura**	
2.1	Pilares - 12x30 CM	R$ 5.426,25
2.2	Contraverga	R$ 344,41
2.3	Viga Superior - 12x30 CM	R$ 3.556,58
2.4	Laje	R$ 4.140,08
	Custo	R$ 13.467,32
3	**Alvenaria**	
3.1	Assentamento	R$ 5.225,60
3.2	Rasgos p/ tubulações	R$ 550,80
3.3	Chumbamento	R$ 715,36
	Custo	R$ 6.491,76
4	**Revestimento**	
4.1	**Paredes internas**	
4.1.1	Chapisco	R$ 401,56
4.1.2	Emboço/reboco	R$ 2.648,31
	Custo	R$ 3.063,98
4.2	**Paredes externas**	
4.2.1	Chapisco	R$ 442,13
4.2.2	Emboço/reboco	R$ 2.621,85
	Custo	R$ 3.063,98
4.3	**Teto**	
4.3.1	Chapisco	R$ 381.03
4.3.2	Emboço/reboco	R$ 1.322,66
Custo		R$ 1.703,69
4.4	**Contrapiso**	
4.4.1	Contrapiso finalizado	R$ 1.037,05
	Custo	R$ 1.037,05
	Custo Final	R$ 36.140,39

Fonte: os autores.

Tabela 2 - Resumo de custos de material e mão-de-obra para o sistema em paredes de concreto moldada *in loco*

SISTEMA CONSTRUTIVO – PAREDES DE CONCRETO MOLDADA *IN LOCO*		
Item	**Descrição**	**Valor**
1	**Infraestrutura**	
1.1	Escavação	R$ 111,17
1.2	Compactação do solo	R$ 179,22
1.3	Fôrma de madeira	R$ 946,93
1.4	Lastro de brita	R$ 500,46
1.5	Reforço radier	R$ 441,29
1.6	Concretagem	R$ 4.706,65
	Custo	R$ 6.885,72
2	**Supra estrutura**	
2.1	Armação	R$ 2.133,80
2.2	Passagem de tubulação	R$ 350,84
2.3	Montagem/Desmontagem/ Desmoldante das fôrmas	R$ 3.197,65
2.4	Concretagem	R$ 5.857,48
2.5	Acabamento	R$ 1.469,91
	Custo	R$ 13.009,68
3	**Fôrmas**	
3.1	Conjunto de fôrmas	R$ 282.415,51
	Custo	R$ **282.415,51**
	Custo Final	**R$ 302.310,91**

Fonte: os autores.

Com os dados apresentados nas Tabelas 1 e 2, temos os valores finais de uma residência para ambos os métodos descritos, resumidos na Tabela 3.

Tabela 3 - Valor total de cada sistema

TOTAL DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS		
Descrição		**Valor**
1	**Alvenaria convencional de blocos cerâmicos**	**R$ 36.140,39**
2	**Paredes de concreto moldada *in loco***	**R$ 302.310,91**

Fonte: os autores.

Desta maneira, pode-se observar que o sistema de paredes de concreto moldada *in loco* tem um custo elevado quando comparado com a alvenaria convencional de blocos cerâmicos, mas o fato que leva a essa diferença é o elevado custo das formas de alumínio para execução da mesma. Sendo assim, o sistema de paredes de concreto moldada *in loco* se torna viável somente quando as formas são utilizadas em grande escala, como é o caso do nosso estudo que se refere a uma construção de conjunto habitacional contendo 325 unidades.

A Figura 2 mostra que a partir de qual unidade entre essas 325 estudadas, o sistema de paredes de concreto se torna viável.

No presente caso foram considerados dois jogos de fôrmas metálicas para esse empreendimento.

Figura 2 - Comparativo entre os dois sistemas para todo o empreendimento

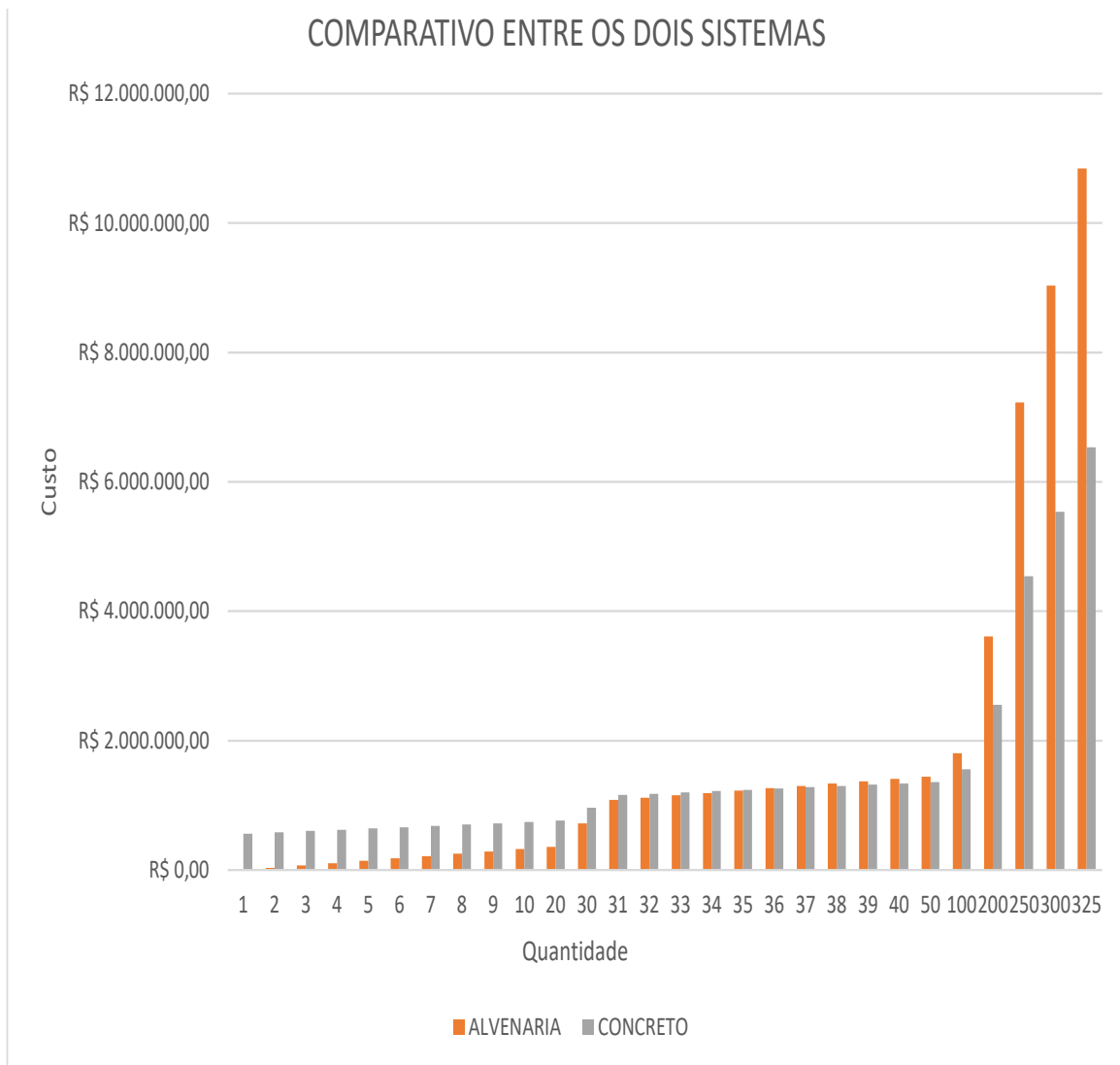
COMPARATIVO ENTRE OS DOIS SISTEMAS

Custo

R$ 12.000.000,00
R$ 10.000.000,00
R$ 8.000.000,00
R$ 6.000.000,00
R$ 4.000.000,00
R$ 2.000.000,00
R$ 0,00

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 50 100 200 250 300 325

Quantidade

ALVENARIA CONCRETO

Fonte: os autores.

De acordo com a Figura 2, a partir da trigésima quinta unidade torna-se viável a aplicação do sistema construtivo de parede de concreto moldada *in loco*. Na tabela 4, apresentamos os valores para cada sistema de acordo com as quantidades, podendo então, observar as diferenças entre si.

Tabela 4 - Variação de valores de acordo com a quantidade de construção

VALOR DE ACORDO COM A QUANTIDADE		
Quantidade	**Alvenaria**	**Concreto**
1	R$ 36.140,39	R$ 549.895,39
2	R$ 72.280,80	R$ 569.790,78
3	R$ 108.421,20	R$ 589.686,17
4	R$ 144.561,60	R$ 609.581,56
5	R$ 180.702,00	R$ 629.476,95
6	R$ 216.842,40	R$ 649.372,34
7	R$ 252.982,80	R$ 669.267,73
8	R$ 289.123,20	R$ 689.163,12
9	R$ 325.263,60	R$ 709.058,51
10	R$ 361.404,00	R$ 728.953,90
20	R$ 722.808,00	R$ 927.907,80
30	R$ 1.084,212,00	R$ 1.126.861,70
31	R$ 1.120.352,40	R$ 1.146.757,09
32	R$ 1.156.492,80	R$ 1.166.652,48
33	R$ 1.192.633,20	R$ 1.186.547,87
34	R$ 1.228.773,60	R$ 1.206.443,26
35	**R$ 1.264.914,00**	**R$ 1.226.338,65**
36	R$ 1.301.054,40	R$ 1.246.234,04
37	R$ 1.337.194,80	R$ 1.266.129,43
38	R$ 1.373.335,20	R$ 1.286.024,82
39	R$ 1.409.475,60	R$ 1.305.920,21
40	R$ 1.445.616,00	R$ 1.325.815,60
50	R$ 1.807.020,00	R$ 1.524.769,50
100	R$ 3.614.040,00	R$ 2.519.539,00
200	R$ 7.228.080,00	R$ 4.509.078,00
250	R$ 9.035.100,00	R$ 5.503.847,50
300	R$ 10.842.120,00	R$ 6.498.617,00
325	**R$ 11.745.630,00**	**R$ 6.996.001,75**
O sistema construtivo de parede de concreto moldada in loco tem uma economia de:		**R$ 4.749.628,25**

Fonte: os autores.

Assim, para o presente trabalho pode-se afirmar que o sistema em paredes de concreto moldada *in loco* tem um custo inferior quando comparado com o sistema em alvenaria convencional de blocos cerâmicos, e que além disso, traz várias vantagens executivas, como por exemplo, a limpeza do canteiro de obras, as etapas serem praticamente concluídas, não tendo reserviços, com menor tempo para entrega final das unidades e sustentabilidade no que diz respeito ao uso de materiais como a madeira, dentre outras.

CONCLUSÃO

Da análise comparativa dos valores obtidos para cada sistema, o custo para a construção de uma unidade habitacional apresenta valores menores para o sistema construtivo em alvenaria convencional de blocos cerâmicos quando comparado com o sistema em paredes de concreto pelo elevado custo para aquisição das fôrmas metálicas para este sistema.

Porém, quando se compara o custo financeiro final do empreendimento para 325 unidades habitacionais, o sistema construtivo em paredes de concreto moldada *in loco* mostrou-se ser mais econômico, apresentando economia de 40,4%, quando comparado ao sistema convencional ou tradicional.

Desse modo, é possível afirmar que para a execução do conjunto habitacional construído na cidade de Santa Fé, o sistema construtivo em paredes de concreto moldada *in loco* aponta ser o mais viável economicamente.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, M. P. **Diretrizes para projeto arquitetônico de habitação social em pinus realizada por mutirão**. 2000. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8545**: Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212:**2012 Execução de concreto dosado em central — Procedimento**.** Rio de Janeiro, 2012a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055**: Paredes de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edifícios habitacionais de até 5 pavimentos – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BORGES, A. C**. Prática das Pequenas Construções.** 8. ed. v. 1. São Paulo: Edgard Blucher, 1996.

BORGES, F. M. **Sistema Construtivo de Habitação com Parede de Concreto**. Projeto Final, Publicação n° 137-2011, Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, 98p. 2011.

BRAGUIM, T. C. **Utilização de modelos de cálculo para projetos de edifícios de paredes de concreto armado moldados no local**. 2013. 227f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos Solos e suas aplicações**: **mecânica das rochas – fundações – obras de terra.** 6. ed. v. 2. Rio de Janeiro: LTC, 1987.

D2R ENGENHARIA. **Vedações Verticais**. 2020. Disponível em: http://www.d2 rengenharia.com.br/vedacoes-verticais.php. Acesso em: 16 maio 2020.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C**.** Como construir paredes de concreto. **Revista Téchne**, 147. ed., p. 74-80, 2009.

PEREIRA, C. **Principais tipos de sistemas construtivos utilizados na construção civil**. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-sistemas-construtivos/. Acesso em: 26 mar. 2020.

SACHT, M. H. **Painéis de vedação de concreto moldados *in loco*: avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos**. 2008. 286f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

SANTOS, E. B**. Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares**. 2013. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

SILVA, F. B. D. Fôrma de alumínio para paredes estruturais de concreto armado moldadas no local**. Revista Téchne**, n. 153, 2009.

ANÁLISE DA VIABILIDADE AMBIENTAL DO USO DE PISO DRENANTE EM PRAÇA DO MUNICÍPIO DE APUCARANA/PR

ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL FEASIBILITY OF THE USE OF DRAINING FLOOR IN THE SQUARES OF THE MUNICIPALITY OF APUCARANA/PR

Rayssa De **Almeida**
Lourival Domingos **Zamuner**

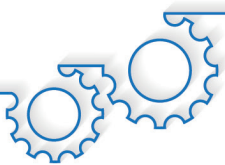
RESUMO

O aumento da população no município de Apucarana-PR trouxe características diferentes para a paisagem urbana, aumentando a área impermeabilizada do município com infraestrutura arcaica para crescimento, ainda hoje espaços verdes e áreas permeáveis são vistos com maus olhos pelos incorporadores. As cabeceiras de drenagem do Rio Pirapó estão localizadas em Apucarana/PR, este trabalho tem como objetivo apresentar a viabilidade do piso drenante para revestimento de grandes áreas do município, por exemplo, a Praça Pública 28 de Janeiro, para que toda as águas das chuvas nestes locais sejam devolvidas para o solo completamente, concluindo seu ciclo natural. Será realizada uma análise da permeabilidade do piso drenante, quantificando o volume devolvido ao lençol freático. O piso drenante é um material extremamente permeável, nesse estudo o exemplar usado como base foi o Megadreno® da empresa Braston, este piso possuí características que se adequam ao objetivo desse estudo, drenar toda água pluvial de praças de maneira simples e limpa reconstituindo o ciclo da água. Com o auxílio de dados pluviométricos, a análise do volume pluvial do município de Apucarana/ PR, mostrou a quantidade que o piso drenante devolveria ao meio ambiente de maneira limpa e sem muitos danos as características do local de estudo. De acordo com a média anual pluviométrica do município tem-se a quantidade de 389,29 m³/h a 912,93 m³/h, obtendo a quantidade drenada em todo o perímetro da Praça 28 de Janeiro, ao mensurar todos os resultados, conclui-se que foram satisfatórios mostrando viabilidade da utilização do Piso Drenante em grandes áreas.

Palavras-chave: Características do solo. Impermeabilização do solo. Permeabilidade. Piso Drenante.

ABSTRACT

The population increase in the municipality of Apucarana-PR brought different characteristics to the urban landscape, increasing the waterproofed area of the municipality with archaic infrastructure for growth, even today green spaces and permeable areas are seen with bad eyes by developers. The drainage heads of the Pirapora River are located in Apucarana/PR, this work aims to present the feasibility of the drainage floor to cover large areas of the city, for example, the Public Square 28 de Janeiro, so that all rainwater in these places is returned to the ground completely, completing its natural cycle. An analysis of the permeability of the draining floor will be carried out, quantifying the volume returned to the water table. The draining floor is an extremely permeable material. In this study, the Megadreno® from Braston was used as the base material. This floor has characteristics that fit the objective of this study, to drain all rainwater from squares in a simple and clean way, reconstituting the water cycle. With the help of pluviometric data, the analysis of the pluvial volume of the city of Apucarana/ PR, showed the amount that the draining floor would return to the environment in a clean way and without much damage to the characteristics of the study site. According to the annual average rainfall in the municipality is 389.29 m³/h to 912.93 m³/h, obtaining the amount drained throughout the perimeter of the 28 de Janeiro Square, when measuring all the results, it is concluded that they were satisfactory showing the feasibility of using the Draining Floor in large areas.

Keywords: Draining floor. Permeability. Soil characteristics. Waterproofing the soil.

INTRODUÇÃO

Este estudo foi realizado na cidade de Apucarana, localizada no centro-norte do Estado do Paraná, com as coordenadas 23°33” de Latitude Sul e 51°27” de Longitude Oeste de Greenwich, apresentando uma variação altimétrica entre 800 e 1000 metros em relação ao nível do mar, perfazendo a área total do município em 558,359 km², incluindo os distritos que compõem a sua estrutura territorial, que são: Correia de Freitas, Pirapó, Vila Reis e São Pedro.

De acordo com Dutra (2014), o substrato geológico da área é constituído por rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, que se originou de extensos derrames de lavas no período Jurássico-Cretáceo. A intemperização dessas rochas gerou solos bem profundos e desenvolvidos e de alta fertilidade natural, o Latossolo Roxo e a Terra Roxa Estruturada. O Latossolo Roxo, atualmente designado como Latossolo Vermelho, pode ser encontrado no topo e altas vertentes enquanto que a Terra Roxa Estruturada, designada como Nitossolo Vermelho, ocorre na média e baixas vertentes.

O crescimento populacional é um fator importante quando se trata do ordenamento de ações não estruturais de controle ambiental urbano, como a drenagem urbana, e essa por sua vez, tem como função gerenciar a água da chuva por todo o meio urbano. O índice de crescimento influencia diretamente nesta infraestrutura (CEM; TUCCI; SILVEIRA, 2005). Esses mesmos autores afirmam que um dos grandes desafios no gerenciamento da Drenagem Urbana é devolver toda a água da chuva que caí em meios urbanos para os rios de maneira saudável.

Segundo Collischonn e Dornelles (2015), desde o início do século XX as grandes cidades sofrem com o planejamento nesta área, já que a partir desta época o crescimento populacional foi intenso. Por muito tempo, o principal objetivo da drenagem urbana era retirar de maneira prática e rápida as águas pluviais de modo a evitar inundações, seja ela na forma mais rápida que é por meio de instalações de rede de drenagem; seja ela por meio de infiltração a chamada drenagem verde, ou mesmo utilizando-se de pisos drenantes e infiltração da água de chuva (CEM; TUCCI; SILVEIRA, 2005). E dessa forma, por volta do ano de 1940 na Holanda, surge o piso drenante, material composto por concreto e britas graduadas que possibilita a total permeabilidade.

A água que antes infiltrava pelo solo, agora com a impermeabilização do mesmo por meio de asfalto, calçadas e edificações, tende a escoar superficialmente, e essas mesmas águas que deveriam ir permeando até o lençol freático, agora são canalizadas nos sistemas de drenagem urbana (TUCCI, 1997), mas com a utilização de piso drenante como um material sustentável, toda essa água que poderia ser perdida é devolvida ao solo, agora na forma de água limpa.

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland, o piso drenante surgiu na Holanda em meados de 1940, por conta da altitude do país ser abaixo do nível do mar, e com isso dificultava na aplicação do concreto, e a forma que o piso drenante é instalado por meio de peças intertravadas. Assim, o piso drenante se difundiu por todo o mundo por ser uma alternativa econômica, prática e extremamente ecológica.

O piso drenante, na sua concepção estrutural, é um material relativamente novo no mercado, e grande parte das edificações reservam espaços para serem utilizados como área permeável para atendimento as leis municipais, no entanto, os imobiliaristas enxergam essa área como sendo áreas improdutivas para construção civil, mas com a disseminação do piso drenante, surge então uma nova visão sobre esse pensamento. O piso drenante possui grande índice de permeabilidade, ou seja, possui vários vazios pelos quais a água passa, e esse tipo de material pode ser utilizado tanto em locais no qual existe tráfego de pessoas como também de veículos (TRENTIN; BIANCHI; SOUZA, 2016).

Estes tipos de pisos são uma alternativa para minimizar os impactos causados pela impermeabilização do solo, havendo um interesse social por construções sustentáveis, sem impactos ao meio ambiente, tornando-se dessa maneira, importante o estudo da viabilidade ambiental dessas transformações (PARRA; TEIXEIRA, 2015).

O objeto de nosso estudo é avaliar a viabilidade do uso do piso drenante e sua aplicação na Praça 28 de Janeiro como forma de promover a infiltração das águas precipitadas sobre a mesma.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área definida para o estudo é a Praça Semíramis Braga, conhecida como Praça 28 de Janeiro e está localizada entre as ruas Desembargador Clotário Portugal e Benjamim Braga Filho, com área de 8.310 m². Esta praça tem grande valor histórico e social para os munícipes de Apucarana e de acordo com a Lei Estadual nº 19.110/2017, estabelece a doação desta área para o Município de Apucarana/PR. A mesma abriga a Biblioteca Municipal Monteiro Lobato, parque infantil, academia ao ar livre, iluminação, fontes de água e concha acústica para apresentações culturais. A seguir, podemos ver pela Figura 1, algumas das características desta praça:

Figura 1 - Praça 28 de Janeiro, Apucarana/PR

Fonte: Turismo em Apucarana (2018).

Aplicação de Piso Drenante

Para aplicação do piso drenante é necessário a determinação do tipo de solo encontrado no local, evidenciando suas características e apresentando as possibilidades de instalação. Para o solo da região de Apucarana, a instalação do piso drenante é realizada de acordo com a Figura 2, a seguir:

Figura 2 - Corte transversal da instalação do piso drenante

Fonte: DRENALTEC (2020).

O solo no qual será instalado o piso drenante deverá, inicialmente, ser compactado por rolo compressor e para suportar a estrutura do piso. Na sequência, as britas deverão ser submetidas a compactação para que o efeito de cravação no solo seja realizado, e por fim, o piso é posicionado sem rejunte ou qualquer tipo de argamassa, de maneira que fiquem intertravados. A composição deste piso drenante é a base de cimento, pedras, fibra de coco, aditivos e plastificantes, com possibilidade de 10 a 80% de porcelana reciclada O seu desempenho é drenar aproximadamente 1 litro de água por segundo (BRASTON, 2020).

Permeabilidade do piso drenante

A forma ideal de avaliar a permeabilidade de um pavimento e assegurar que ele irá colaborar com a atenuação do escoamento superficial de água, empecilho recorrente de áreas impermeáveis, é aferindo a velocidade de infiltração de um volume conhecido de água, ou seja, determinando-se o seu coeficiente de permeabilidade. O coeficiente de permeabilidade indica a velocidade de infiltração de água no solo, referida em m/s (PINTO, 2002).

Na Tabela 1, as especificações do piso drenante Megadreno.

Tabela 1 - Especificações do piso drenante

Especificações do Fabricante

Atributos Técnicos	Valores Obtidos	Referência	Norma de Referência	Método de Ensaio
Coeficiente de Permeabilidade do Revestimento (m/s)	$4{,}42x10^{-3}$	$> 10^{-3}$	NBR 16416/2015	ACI 522-R-06
Resistência à Flexão	2,91	≥ 2,0	NBR 16416/2015	NBR 15805
Resistência ao desgaste em uso / abrasão (mm)	20	≤ 23	NBR 15575-3	NBR 9781
SRI - Índice de Refletância Solar	40	≥ 29	LEED v3	ASTM E 1980
SR - Refletância Solar	35	≥ 33	LEED v4	ASTM C 1549
Emitância Térmica	93	100	LEED v3, v4	ASTM C 1371

Fonte: BRASTON (2020).

O coeficiente de permeabilidade é um dos fatores essenciais para o dimensionamento do sistema na fase de projeto e também após a execução, como forma de acompanhar o desenvolvimento do pavimento no decorrer da sua vida útil. Segundo a NBR 14.545:2000 – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos a carga constante, para determinar o coeficiente de permeabilidade de um solo em laboratório são utilizados permeâmetros que podem ser de carga constante ou carga variável, dependendo do tipo de solo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000). O coeficiente de permeabilidade é então determinado por meio da Lei de Darcy apresentada a seguir, de acordo com a Equação 1.

$$K = \frac{A_1 L}{A_2 t} \log\left(\frac{h_i}{h_f}\right) \quad (1)$$

Sendo:
K = coeficiente de permeabilidade, em m/s.
A_1 = área da sessão da amostra - m².
A_2 = área do tubo - m².
L = comprimento da amostra – metros.
t = tempo – segundos.
h_i = altura inicial – metros.
h_f = altura final – metros.

Ainda, com a NBR 16416:2015 – Pavimentos Permeáveis de Concreto – Requisitos e Procedimentos, para o piso ser considerado permeável deverá ter um coeficiente de permeabilidade maior que 10^{-3} m/s, encontrados em solos contendo argilas estratificadas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015).

Desta forma, a grandeza da permeabilidade é dada pelo coeficiente de permeabilidade que, por definição, é a quantidade de água que passa por uma seção do material de área unitária quando a perda de carga unitária corresponde a unidade.

Permeabilidade do solo

De acordo com Chiossi (1989), o interior da Terra é como um vasto reservatório subterrâneo para as águas dos lençóis freáticos, e o solo é composto por diversos vazios de diferentes faixas que formam os aquíferos. O solo possui a capacidade de deixar fluir sobre seus vazios e esta característica é chamada de permeabilidade, sendo esta considerada de grande valor na análise de pisos drenantes. Abaixo podemos observar pela Tabela 2, a indicação das permeabilidades típicas de acordo com cada solo:

Tabela 2 - Valores típicos de permeabilidades de solos

Tipo de Solo	Coeficiente de Permeabilidade K(m/s)	Grau de Permeabilidade
Brita	$> 10^{-3}$	Alta
Areia de Brita, Areia fina, Areia limpa, argilas estratificadas	10^{-3} a 10^{-5}	Alta
Areia muito fina, Silte, silte e argila	10^{-5} a 10^{-7}	Baixa
Silte, Silte argiloso	10^{-7} a 10^{-9}	Muito Baixa
Argila	$< 10^{-9}$	Praticamente Impermeável

Fonte: Terzaghi e Peck (1967), adaptado.

Equação de chuvas de Apucarana - PR

O clima do município de Apucarana/PR localizado ao Norte do Paraná é definido como subtropical, com temperaturas médias de 19°C (EMBRAPA). O município é caracterizado por ventos constantes em qualquer estação do ano, deixando o clima agradável nas estações mais quentes e gélidos nas estações mais frias. De acordo com Wheather Spark (2020), o município de Apucarana possuí precipitação média de aproximadamente 125 mm por mês.

De acordo Fendrich (1994), a equação de chuvas para o município de Apucarana/PR, é dada por:

$$i_{máx} = \frac{1301{,}07 * T_R^{\,0{,}177}}{(t+15)^{0{,}836}} \quad (2)$$

Sendo:

$I_{máx}$ = Intensidade média máxima de chuva - mm/h.

t = Tempo de duração da chuva - min.

T_R = Tempo de retorno – anos.

Esta equação nos auxilia no cálculo de todo o volume de água que será usada com a utilização do piso Drenante e que será devolvido ao lençol freático novamente, completando o ciclo natural da água de uma forma simples.

Para analisar os dados no período de um ano, tomou-se como base as precipitações médias apresentadas em Wheather Spark (2020), e estas podem ser vistas pela Tabela 3:

Tabela 3 - Precipitações médias do município de Apucarana no período de janeiro de 2019 a janeiro de 2020

Mês	Variação na Precipitação		
Jan/20	184	178	
Fev/20	178	162	140
Mar/20	138	116	105
Abr/20	102	106	
Mai/20	107	115	
Jun/20	111	97	85
Jul/20	84	76	85
Ago/19	56	82	
Set/19	84	114	136
Out/19	136	140	136
Nov/19	136	140	136
Dez/19	148	164	178

Fonte: os autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O piso drenante possui coeficiente de permeabilidade igual a $4{,}42\text{x}10^{-3}$ m/s, e o mesmo foi testado em laboratório de acordo com a NBR 16416:2015. De acordo com os dados apresentados pelo fabricante, a infiltração obtida com o piso drenante Megadreno é considerada as camadas de leito e subleito para uma infiltração total (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015).

Com essas informações, utilizando a Equação 2 e adotando-se os seguintes dados:

T_R = 5 anos;
t = 1 hora (60 minutos).
Temos a seguintes valores:

$$i_{máx} = \frac{1301{,}7 * 5^{0{,}177}}{(60 + 15)^{0{,}836}}$$

Por esta equação obtém-se a intensidade máxima de precipitação para o município de Apucarana/PR, tendo o valor final de 46,85 mm/h, ou seja, para cada m^2 durante 1 hora ininterrupta de chuva, precipita 46,85 litros de água. Como a Praça 28 de Janeiro possui área de 8.310 m^2, e para mensurar a quantidade volumétrica que a praça receberia no período de chuva ininterrupto, tem-se que o volume seria de 389,29 m^3/h considerando uma chuva constante em todo o tempo, e esse resultado foi obtido considerando que em um período de 1 hora em 1 m^2 precipitou-se 46,85 litros, ou seja, $4{,}68\text{x}10^{-2}$ m^3. Esse produto da área total da praça e a quantidade de precipitação por metro quadrado é o resultado encontrado de 389,29 m^3/h.

Para a quantificação anual do volume recebido por toda a área da Praça 28 de Janeiro, a Tabela 4 apresenta as médias calculadas para cada mês e a média anual:

Tabela 4 - Média anual de precipitação calculada

Mês	Média Mensal (mm/h)
Jan/20	120,67
Fev/20	160,00
Mar/20	119,67
Abr/20	69,33
Mai/20	74,00
Jun/20	97,67
Jul/20	81,67
Ago/19	46,00
Set/19	111,33
Out/19	137,33
Nov/19	137,33
Dez/19	163,33
Média Anual	109,86

Fonte: os autores.

De acordo com os dados apresentados, a média anual de precipitação do município é de aproximadamente 109,86 mm/h, e por essa média anual, obtemos o volume de água da chuva drenada pelo solo na Praça 28 de Janeiro em 912,93 m³/h.

Analisando esses dados determinados por duas maneiras, percebe-se que a quantidade de água é volumosa para uma praça com área relativamente média, demonstrando como o piso drenante é essencial nestes espaços, e os valores oscilam entre 389,29 m³/h a 912,93 m³/h. Essa oscilação ocorre por conta dos métodos utilizados nas duas determinações: para a vazão de 389,29 m³/h foi utilizada a equação 2, que determina a precipitação média pela equação de chuvas do município de Apucarana/PR, enquanto que na vazão de 912,93 m³/h a mensuração ocorreu com a análise dos dados da Tabela 3 e a definição de uma média anual que acarretou no resultado elevado mostrando o quanto satisfatório é a viabilidade da utilização do Piso Drenante.

O resultado obtido é um número expressivo sobre a quantidade de água pluvial devolvida ao lençol freático por meio do piso drenante, considerando que o objetivo deste estudo é analisar a viabilidade ambiental do piso drenante em grandes praças públicas, ou seja, ambientalmente o piso drenante é uma alternativa viável para completar o ciclo natural da água e trazer eficiência para este tipo de pavimentação.

Essa água drenada de maneira correta por meio do piso drenante poderá ser devolvida para o aquífero presente no município de Apucarana/PR, denominado de Serra Geral Norte, completando assim, o ciclo da água. Esta alternativa visa tornar ainda mais sustentáveis áreas de praças que, consequentemente, sofrem com a impermeabilização do piso por meio de calçadas e asfaltos, até mesmo quando são propostos pavimentos de materiais drenantes.

CONCLUSÃO

O piso drenante comparado com materiais de menor grau de permeabilidade é a alternativa ideal para pavimentação de grandes praças, de acordo com os resultados obtidos pelo estudo, a média de precipitação do município de Apucarana/PR permite a devolução de até 912,3 m³/h em um caso hipotético de chuva constante.

Podemos concluir ao analisar os resultados obtidos no estudo da viabilidade do Piso Drenante na Praça 28 de Janeiro em Apucarana/PR, que é inerente o grau de importância de toda a quantidade de água pluvial devolvida ao solo de forma sustentável, sem contaminações e com a aplicação de um material com nível considerável fácil de execução. Os resultados foram consideravelmente grandes para uma praça de pequeno porte quando comparada com outros espaços públicos, provando a eficácia do piso drenante quanto a drenagem das águas pluviais.

Todo o estudo foi voltado visando incorporar um material sustentável, pouco utilizado em obras públicas ou quando utilizado é mantido de forma incorreta, que se utilizado de forma racional e correta, facilita o caminho das águas pluviais até a percolação no lençol freático, completando assim, seu ciclo natural.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14545**:2000 – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argiloso com carga variável. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416**:2015 – Pavimentos permeáveis de concreto – requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BRASTON. **Pisos drenantes.** Disponível em: https://www.aecweb.com. br/prod/e/piso-drenante-braston_6479_32995. Acesso em: 14 ago. 2020.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CHIOSSI, N. J. **Geologia aplicada à Engenharia**. Grêmio Politécnico, 1989.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. 2. ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, 2015.

CONDIÇÕES meteorológicas médias de Apucarana, **Weather Spark**, 2020. Disponível em: https:// pt.weatherspark.com/y/29743/Clima-caracter%C3% ADstico-em-Apucarana-Brasil-durante-o-ano. Acesso em: 20 jul. 2020.

DUTRA, M. A. TORRES. E. C. Origem do Solo de “Terra Roxa” no norte do Paraná: O município de Apucarana e suas singularidades. In: **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor.** v. 3, Londrina/PR, 2014.

FENDRICH, R. **Chuvas Intensas para Obras de Drenagem no Estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba: Gráfica Vicentina, 2003.

JABUR, A. S.; DORNELLES, F.; SILVEIRA, A. L. L. Determinação da Capacidade de Infiltração de Pavimentos Permeáveis. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 4, p. 937-945, 2015.

PARANÁ. **Lei Estadual nº 19.110/2017**. Doação da Praça Semíramis Braga para o Município de Apucarana/PR. 2017.

PARRA, G. G.; TEIXEIRA, B. A. N. Análise da Permeabilidade e dos Métodos de Instalação de Pavimentos Permeáveis Contidos em Artigos Científicos e em Catálogos Técnicos. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 15, p. 142-157, 2015.

PAVIMENTOS INTERTRAVADOS É ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA ECONOMIA DE RECURSOS, **Associação Brasileira Do Cimento Portland**, 2011. Disponível em: https://abcp.org.br/imprensa/banco-de-pautas/pavimento-intertravado-e-alternativa-sustentavel-para-economia-de-recursos/. Acesso em: 25 jul. 2020.

PINTO, C. **Curso básico de mecânica dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2002.

TRENTIN, T. F. S.; BIANCHI, G.; SOUZA, E. S. Capacidade de Armazenamento de Água da chuva do Piso Drenante. **Revista ANAP Brasil**, v. 9, n. 17, p. 98-111, 2016.

TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2015.

TUCCI, C. E. M. Estimativa do Volume para Controle da Drenagem no Lote. SEMINÁRIO NACIONAL DE DRENAGEM URBANA. 3., 1997. **Anais** ... Curitiba: ABRH, 1997.

ESTUDO DE CASO: EFEITOS DA UMIDADE NA RESISTÊNCIA DA BRITA GRADUADA TRATADA COM CIMENTO

CASE STUDY: EFFECTS OF THE INFLUENCE OF THE CEMENT CONTENT, HUMIDITY AND ENERGY ON THE RESISTANCE OF GRADUATED GRIT TREATED WITH CEMENT

Rodolfo Santiago Dos **Santos**
Allan Cassiolato **Berbert**

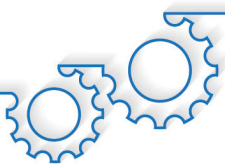
RESUMO

Entre muitos conceitos apresentados podemos dizer que estrada é uma faixa de terreno com características geométricas específicas, sistematizada e com piso preparado, que serve para a circulação de veículos, além de que ela também deve garantir conforto, segurança e economia. Partindo desses princípios devemos ressaltar a importância de se alcançar a máxima qualidade na execução de estradas, classificando-as como pavimentos semirrígidos, além dos pátios de manobras, com bases e sub-bases estabilizadas com cimento. Portanto pretendemos com o estudo melhorar as técnicas de aplicação e entender um pouco mais a mecânica do material utilizado. A partir de métodos laboratoriais, foram realizados a determinação da resistência e a compressão máxima da BGTC, considerando diferentes teores de umidade, mas com a mesma taxa de cimento de 4 %. Com isso foi possível concluir neste estudo que a umidade necessária para a obtenção da máxima resistência a compressão foi inferior, em relação a umidade ótima normalmente utilizada, em torno de 0,5 % para se obter a máxima compactação desse material.

Palavras-chave: Base cimentícia. Base granular com cimento. BGTC. Brita graduada tratada com cimento.

ABSTRACT

Among the many concepts presented, we can say that the road is a strip of land with specific geometric characteristics, systematized and with prepared floor, which serves for the circulation of vehicles; in addition to that it must also guarantee comfort, safety and economy. Based on these principles, we must emphasize the importance of achieving maximum quality in the execution of roads, classifying them as semi-rigid pavements, in addition to the maneuvering yards, with bases and sub-bases stabilized with cement. Therefore, with the study we intend to improve the application techniques and understand a little more the mechanics of the material used. Using laboratory methods, BGTC strength and maximum compression were determined, considering different moisture contents, but with the same cement rate of 4 %. With that, it was possible to conclude in this study that the humidity necessary to obtain the maximum compressive strength was lower, in relation to the optimum humidity normally used, around 0.5 % to obtain the maximum compaction of this material.

Keywords: BGTC. Cementitious base. Graduated gravel treated with cement. Granular base with cement.

INTRODUÇÃO

O pavimento é uma estrutura constituída de várias camadas definidas em projeto, com espessuras calculadas, destinados a receber esforços de tráfego de veículos, a fim de propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento como conforto, economia e segurança (BERNUCCI *et al*., 2008).

No Brasil o uso da brita graduada tratada com cimento, para uso em bases e sub-bases do pavimento, iniciou-se após a década de 1970 e tendo em vista que países como a Europa já fazem o uso desta técnica desde da década de 1910, nesse período, começou o seu uso, que consiste geralmente na estabilização de bases e sub-bases de pavimentos, tornando-os semirrígidos invertidos ou "estrutura sanduíche" (BERNUCCI *et al*., 2008).

Segundo Yoder e Witczak (1975), as camadas de um pavimento semirrígido, em geral são concluídos com uma camada de revestimento asfáltico, primeiramente inicia-se todo o serviço de terraplenagem, compactando leito e subleito com rolos compactadores com solo na umidade ótima, em seguida a camada rígida de Brita Graduada Tratada com Cimento – BGTC, também compactada com rolos, finalizando o sanduiche com a camada de asfalto.

Essas camadas com base cimentada tem sido frequentemente utilizadas devido a demanda do aumento do tráfego, e das altas pressões exercidas pelos eixos dos caminhões, que vem aumentando a cada ano que passa, a adição de cimento, obtém-se um ganho significativo de resistência e durabilidade do pavimento, já que o pavimento é alterado de flexível para semirrígido, pois uma base cimentada reduz a força de tração na camada asfáltica e com isso permite a redução da camada asfáltica drasticamente, possibilitando economia no projeto, comparando com à espessura requerida para um pavimento flexível convencional equivalente.

De acordo com a NBR 7182:2016 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016b), em um projeto de BGTC, inicialmente descobre-se teores e umidades definidas em laboratório, através da adição de empírica de cimento, e umidades ótima, resultados obtidos pelo ensaio de Proctor que é considerado um dos mais importantes procedimentos de estudo e controle de qualidade de aterros compactados, permitindo projetar a curva de compactação, obtendo umidade ótima e densidade seca máxima prevista em campo, que são fatores que influenciam diretamente na desempenho estrutural e hidráulico da camada.

A BGTC nada mais é que uma mistura de cimento, água e material britado, distribuídos granulométricamente, produzido e dosado em uma usina volumétrica, com percentual para cada agregado da mistura dependendo da faixa a ser utilizada. Sua aplicação também é de suma importância, pois precisa ser uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada, resultando uma mistura homogênea, compactada e rígida, tanto quanto seu processo de cura, evitando retrações, e aumentando a durabilidade da camada de sub-base ou base do pavimento (ARTERIS, 2016).

A história da pavimentação mundial se inicia pelo fato de haver a necessidade de os veículos com rodas transitarem com mais agilidade e facilidade, pois a rodas de madeira precisavam de superfícies revestidas e com isso superfícies mais resistentes. A mais antiga via é a Faiyumhollow, ao sul do Cairo, no Egito, construída em 4600 a.C., tinha 13 km e conectava uma pedreira de basalto a um aqueduto que desembocava no Nilo (PAVIMENTAÇÃO, 2016).

Segundo Bernucci *et al*. (2010), a primeira rodovia brasileira pavimentada ligava o Rio de Janeiro a Petrópolis e foi inaugurada em 1928, e ainda afirmam que os percursores na construção de estradas do mundo, sem dúvida nenhuma, foram os romanos, isso a 2 mil anos atrás, com o intuito de facilitar a ligação entres cidades e melhorar o conforto nos transportes da época.

Segundo Medina e Motta (2015), o surgimento do pavimento deve-se à necessidade de melhorar as estradas de terra, tornando-as mais cômodas e seguras, como os exemplos antigos, que foram assentando cascalhos e madeiras em uma estrada de solo argiloso.

Em 1700, iniciou-se a construção de estradas revestidas com macadame, que seria o nome dado ao método criado pelo engenheiro Mc. Adam (1756-1836), que consistia na realização de compactação de camadas, aglomerando as partículas granulares e tornando-a mais drenante, com maior volume de vazios, porém a técnica nem se compara com as funções e qualidades de um pavimento executado atualmente, por isso atualmente o macadame só é utilizado na forma de pavimento primário (MEDINA; MOTTA 2015).

Atualmente de acordo com Faria e Klinsky (2015), a BGTC é definida como uma mistura de pedra britada, cimento Portland, água e eventualmente aditivos, se necessário. O BGTC é uma mistura, composta por agregados, água e cimento, que compactada por rolos vibratórios ou placas vibratórias, forma uma camada rígida, útil como estrutura em um pavimento (BERNUCCI *et al*., 2010).

A respeito dos agregados que constituem nossa mistura tomam-se como base a NBR 9935:2011, que define agregado como sendo um tipo de material sem forma ou volume definido, com propriedades compatíveis para uma boa produção de misturas, como Concreto, CBUQ, BGS, BGTC por exemplo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011).

Segundo Woods (1960), agregado é como uma mistura de todos os materiais constituintes nas misturas, que com a ajuda de um ligante (cimento, água, CAP.) formam um concreto ou argamassa.

Agregados naturais são aqueles encontrados disponíveis no meio ambiente, sem alteração humana. Já os agregados ditos artificiais são aqueles de origem de rejeitos industriais, produzidos em Britadores ou Usinas de britagem (BALDO, 2017).

Segundo o Departamento de Rodagem do Estado do Paraná (2017), o agregado graúdo deve ser constituído por minerais rochosos britados e produzidos mecanicamente, ou seixo rolado de forma natural, e ficarem retidos na peneira ABNT 4,8 mm, limpas e livres de argila.

Já os agregados miúdos Segundo o Departamento de Rodagem do Estado do Paraná (2017), deve ser constituído por areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos, passantes na peneira ABNT 4,8 mm e ficarem retidos na peneira ABNT 0,075 mm, apresentando partículas individuais, limpas e livres de argila.

Na função de ligante ou aglomerante temos o cimento, que de acordo com a NBR 16.697:2018, a definição de Cimento Portland, como sendo um ligante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland, ao qual se adiciona durante a fabricação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio e adições de minerais, nos teores a serem obedecidos pela norma citada acima (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018).

Os cimentos Portland são classificados por seu tipo e correspondem a adições e propriedades especiais. São identificados por suas siglas, seguidas de sua classe de resistência (25, 32, 40 ou ARI), acrescidas dos sufixos RS e BC, quando aplicáveis.

O cimento é um dos produtos mais utilizados do mundo, podemos dizer que esse material revolucionou a engenharia e a maneira de como as cidades começaram a se estruturar, também está presente em quase todo o tipo de construção civil (ECYCLE, 2015).

Para conhecermos a diferença de resistência em nossos corpos de prova realizaremos o ensaio de compressão simples, pois é quem nos indica a qualidade do nosso BGTC, muito usado pela sua simplicidade e preço, usado também para testar o teor de cimento, visto que a NBR 5739, aponta que os valores de resistência do corpo de prova a compressão simples, tem de variar de 3,5 a 6,2 Mpa, na idade de 28 dias, não podendo ser menos de 3,5 Mpa, pois é fraca a resistência, nem acima de 6,2 Mpa por problemas de retração (FARIA; KLINSKY, 2015).

Conforme apresentado por Xuan (2012), existem duas características mecânicas no BGTC, que influenciam na boa execução e aplicação do material: a fase esqueleto granular, que impacta diretamente na estabilidade mecânica do BGTC sob carregamento e a fase matriz cimentada, que atua na resistência de ligação entre as partículas.

Ainda segundo Xuan (2012), o esqueleto granular é influenciado principalmente pelo tipo de agregado, a granulometria e o grau de compactação. A fase da matriz cimentada depende do teor de cimento, conteúdo de fino, tempo e condições de cura.

Em suas pesquisas Burns *et al.* (2006), disse também que o tipo de agregados, em função do pH, afeta a RCS das misturas tratados com cimento. Mas Bell (1993) escreveu como sendo à granulometria, a influência dos agregados na resistência à compressão simples.

Sobre energia Pitta e Hurtado Diaz (1991), salienta que as energias tradicionalmente empregadas na compactação do BGTC para pavimentação são as mesmas empregadas na compactação dos solos, onde se destaca as energias do Proctor, a qual se divide em Normal, Intermediária e a Modificada, definidas em projeto, as normas nacionais aconselham, compactar a BGTC na energia intermediária.

Visto que em outros países, especifica-se o emprego da energia modificada para agregados estabilizados com cimento. Sabe-se que, maior energia de compactação produzirá maior massa específica seca e, consequentemente, serão obtidos maiores valores de resistência (AUSTROADS, 1998).

Portanto este trabalho tem como objetivo analisar a influência da umidade na execução do BGTC, além da resistência a compressão do concreto magro BGTC, podendo variar de 3,5 a 6,0 MPA aos 7 e 28 dias; o teor de umidade e definir os critérios que auxiliem na produção e execução do BGTC, diminuindo patologias ocasionados pelo mal conhecimento da técnica empregada.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia de pesquisa utilizada nesse trabalho é Prática Experimental, tendo a sua maioria dos ensaios de caracterização realizados em laboratórios da Universidade. Para o início dos ensaios foi necessário a coleta de agregados em uma pedreira na região de Maringá/PR, o qual tem composição basáltica. Após a coleta dos materiais, foi realizado o peneiramento para a análise granulométrica dos agregados afim do encaixe dos agregados na faixa escolhida do DER/PR, neste caso a faixa II, escolhida por apresentar uma granulometria intermediária, nem mais grossa como a faixa I, e nem fina como a faixa III. Todas elas com especificações dos limites inferiores e superiores do percentual de material passante em cada uma das peneiras, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Faixas Granulométricas sugeridas para execução do BGTC

Peneira de malha quadrada		% em Massa, passante em cada peneira						
		ABNT		DER-SP	DER-PR			ARTERIS
ASTM	mm	A	B		FAIXA I	FAIXA II	FAIXA III	
2”	50	100	-	-	100	-	-	-
1 ½”	37,5	90-100	-	100	90-100	100	-	-
1”	25	-	100	90-100	-	-	100	100
¾”	19	50-85	90-100	75-95	50-85	60-95	88-100	90-100
3/8”	9,5	34-60	80-100	45-64	35-65	40-75	55-75	55-80
Nº 4	4,8	25-45	35-55	30-45	25-45	25-60	41-56	35-55
Nº 10	2	-	-	18-33	18-35	15-45	3044	20-45
Nº 40	0,42	8-22	8-25	7-17	8-22	8-25	15-25	10-30
Nº 80	0,18	-	-	1-11	-	-	-	-
Nº 200	0,075	2-9	2-9	0-8	3-9	2-10	2-7	2-9

Fonte: Departamento de Rodagem do Estado do Paraná (2017).

A Figura 1 ilustra a realização da conferência das mesmas misturas, pelo método granulométrico a serem moldadas nos corpos de prova, no entanto, a Figura 2, identifica as amostras já prontas, pesadas e misturadas em laboratório, faltando apenas a adição de cimento e água.

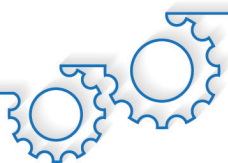
Figura 1 - Realização do ensaio de granulometria da mistura

Fonte: os autores.

Figura 2 - Amostras compostas em laboratório de misturas de BGTC

Fonte: os autores.

Para a determinação da umidade ótima, utilizou-se moldes com dimensões de 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura, compactados em energia modificada, de acordo com à NBR 7182:2016.

O ensaio consistiu na adição gradual de água em percentuais estabelecidos na NBR 7182:2016, realizando em seguida a compactação dos pontos com diferentes umidades, até que os valores de densidade comecem a cair, observa-se os valores em gráficos e assim obtém os valores de umidade ótima, que surge quando se atinge a densidade máxima no gráfico.

Para o desenvolvimento do estudo foi elaborado a Quadro 1 para o planejamento do ensaio, com a execução de 12 amostras de corpos de prova, 4 para cada teor de umidade, sendo que o teor de cimento seria de 4,0% para todos eles, ficando estabelecido para obtenção dos resultados, dois corpos de prova que serão rompidos com sete dias e dois corpos de prova que serão rompidos com 28 dias, para cada umidade estabelecida.

Quadro 1 - Planejamento do estudo

Fator	Agregado	Teor de umidade	Nº de amostras	Energia de compactação
Descrição	Basalto	Ótima + 1%	4	Modificada
	Basalto	Ótima	4	Modificada
	Basalto	Ótima – 1%	4	Modificada

Fonte: os autores.

Após traçado a curva de umidade ótima, e densidade máxima, iniciam-se o processo de moldagem dos corpos de prova conforme a Figura 4, tendo como base estatística a Quadro 1 e em seguida, inicia-se o processo de compactação das amostras, vistas pelas as Figuras 3, 4 e 5, que apresentam como ficam os corpos de prova após a compactação e o correto acabamento para a regularização da superfície, após isso inicia-se o processo de cura dos corpos de prova, sendo realizadas em câmara úmida, conforme a NBR 9479:2006.

Figura 3 - Compactação dos corpos de prova para a RCS

Fonte: os autores.

Figura 4 - Corpos de prova após o processo de compactação

Fonte: os autores.

Figura 5 - Corpos de prova com o devido acabamento realizado

Fonte: os autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Essa pesquisa foi realizada para entender em qual percentual de umidade consegue-se um maior ganho de resistência na mistura de BGTC composta, visando uma excelência na qualidade do produto final, visto que observamos inúmeras patologias em pavimentos devido a problemas na execução de bases e sub-bases. Nesta seção apresentam-se os resultados sobre granulometria e composição, ensaio de compactação proctor e determinação da umidade para a resistência a compressão máxima.

Granulometria e composição

Determinou-se uma mistura composta com base na especificação do DER/PR ES-P 05/05, conforme apresentado na Tabela 1, a mistura foi empiricamente composta, a fim de atender os critérios exigidos na norma, já a Tabela 2, abaixo, dispõe da granulometria de forma individual, para que possamos nos orientar e saber qual será a dosagem que construirá nossa mistura. A Tabela 3 contém informações do percentual de cada agregado, e a projeção na Figura 6 confirma que, a mistura atende as faixas limites especificadas em norma, e o resultado obtido já era o esperado, pois o percentual de cada agregado foi composto com base nos limites estabelecidos da Tabela 1.

Tabela 2 - Granulometria individual dos agregados

Peneiras	Abertura da malha (mm)	Brita 2	Brita 5/8	Pedrisco 3/8	Pó de pedra
1 ½”	38,100	100,00	100,00	100,00	100,00
3/4”	19,100	67,40	100,00	100,00	100,00
3/8”	9,520	0,45	36,40	98,00	100,00
Nº 4	4,760	0,25	4,10	24,50	98,70
Nº 10	2,000	0,25	1,00	2,70	69,50
Nº 40	0,420	0,24	0,78	1,80	37,50
Nº 200	0,075	0,19	0,51	1,30	20,10

Fonte: os autores.

Tabela 3 - Composição dos agregados com cada fração de material que compõem essa mistura

	Dosagem
Silos Frios	%
Brita 2”	32%
Brita 5/8”	24%
Pedrisco 3/8”	12%
Pó-de-pedra	28%
Cimento	4%
Total	100%

Fonte: os autores.

Figura 6 - Granulometria da mistura

Fonte: os autores.

Ensaio de compactação Proctor

Para a compactação foi adotado 15 kg da mistura para a moldagem de 1 corpo de prova com dimensões de 15x30 cm, com a massa de dosagem de cada material, já somados com a absorção de água de cada agregado, conforme apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Massa calculada para confeccionar a moldagem de 1 CP 15x30 cm

Agregado	% Individual	% Absorção	Massa total KG	Massa individual Gramas
Brita 2”	32	1,5	15	481,5
Brita 5/8”	24	1,6	15	361,6
Pedrisco	12	2,3	15	182,3
Pó-de-pedra	28	2,2	15	422,2
Cimento	4	0	15	60

Fonte: os autores.

Após calcular a granulometria, e traçar o gráfico da mistura conforme apresentado na Figura 6**,** inicia-se o ensaio de compactação Proctor que obteve os resultados de umidade ótima e densidade máxima do material seco, conforme apresentados na Tabela 5, a fim que possamos a partir disso, moldar os corpos de prova nas umidades definidas inicialmente. Com esses valores definidos, traçou-se o resultado, apresentado na Figura 7.

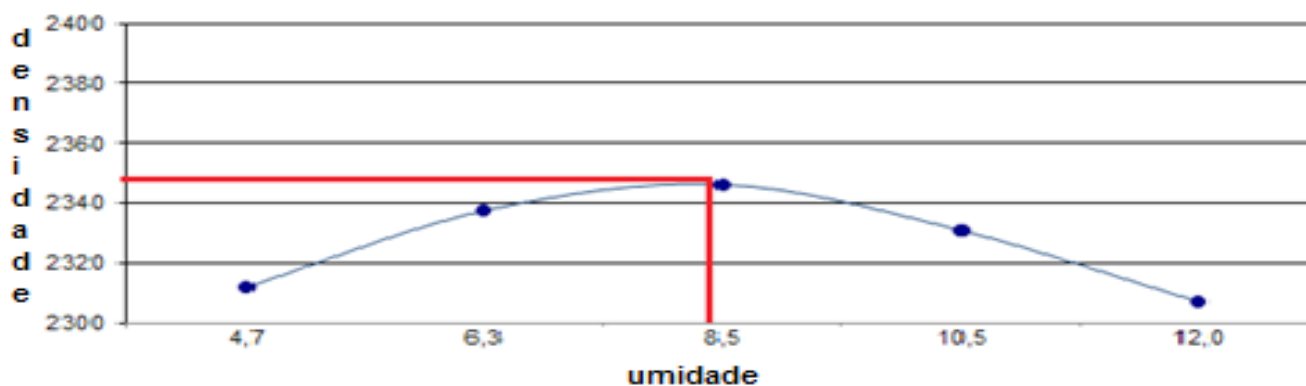
Figura 7 - Densidade seca X Umidade

Fonte: os autores.

Tabela 5 - Resultado das umidades e densidades para a curva de compactação

Cápsula	Nº	1	5	3	4	2
Cápsula + solo + água	g	1112,50	1224,23	1325,88	1048,60	1374,50
Cápsula + solo	g	1065,44	1153,66	1224,40	949,52	1230,20
Cápsula	g	60,24	30,32	27,11	29,03	30,95
Água	g	47,06	70,57	101,48	99,08	144,30
Solo	g	1.005,20	1.123,34	1.197,29	920,49	1.199,25
Umidade	%	4,7	6,7	8,5	10,8	12,0
Umidade média	%	4,00	6,00	8,00	10,0	12,00
Água adicionada	%	5,30	7,30	9,30	11,30	13,30
Água adicionada	g	300	600	900	1200	1500
Compactação						
Cilindro	Nº	4	1	3	11	10
Cilindro	g	4924	4810	4730	4880	4840
Volume do cilindro	cm	5,302	5,302	5,302	5,302	5,302
Cilindro + solo + água	g	17,756	17,982	18,224	18,542	18,544
Solo + água	g	12,832	13,172	13,494	13,662	13,704
Densidade úmida	g/cm²	2420	2484	2545	2577	2585
Densidade convertida	g/cm²	2299	2315	2329	2315	2281
Densidade seca	g/cm²	2312	2338	2346	2326	2307

Fonte: os autores.

Conforme foi observado nos resultados obtidos temos como parâmetro densidade máxima de 2,349 g/cm³ e umidade ótima de 8,4 %, para iniciarmos nossas moldagens, que é considerado padrão para os agregados dessa região oriundos de rocha basáltica.

Determinação da umidade para a resistência a compressão máxima

Determinado os valores de umidade ótima para a densidade máxima vistas na Figura 7, moldou-se os corpos de prova, com as umidades estabelecidas na tabela de planejamento. Após isso imergiu-se os corpos de prova moldados em cura com base na (NBR 9479:2006), e rompidos à compressão nas idades de 7 e 28 dias, e os resultados numéricos estão apresentados na Tabela 6 e na Figura 8.

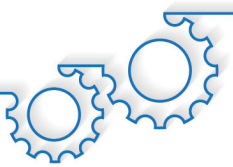
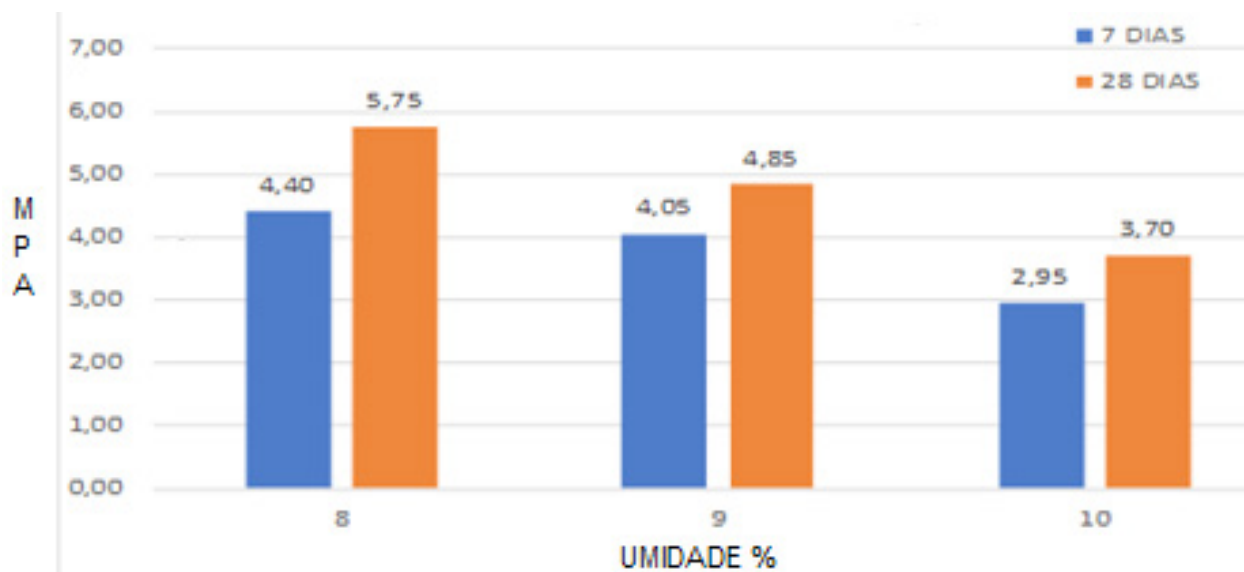



Tabela 6 - Resultado dos rompimentos dos CP'S com idade de 7 e 28 dias

Data de ruptura	CP'S	Umid %	Dens. Seco (Kg/m³)	Área CP m²	Força (N)	Resistência MPA	Resistência média
7 dias	1	8	2,264	0,01764	79511	4,51	4,40
	2		2,302	0,01764	75852	4,30	
	5	9	2,306	0,01764	75852	4,30	4,05
	6		2,316	0,01764	67032	3,80	
	9	10	2,311	0,01764	51156	2,90	2,95
	10		2,309	0,01764	52920	3,00	
28 dias	3	8	2200	0,01764	98784	5,60	5,75
	4		2225	0,01764	104076	5,90	
	7	9	2,366	0,01764	84672	4,80	4,85
	8		2,398	0,01764	86398	4,90	
	11	10	2321	0,01764	67032	3,80	3,70
	12		2300	0,01764	63504	3,60	

Fonte: os autores.

Figura 8 - Resistência por umidade, corpos de prova rompidos com 7 e 28 dias

Fonte: os autores.

Resultados obtidos surpreenderam, pois havia expectativas com o rompimento dos corpos de prova moldados com diferentes teores de umidades e nas idades de 7 e 28 dias, pois o que se esperava seria maior resistência com o material moldado em umidade ótima, visto que conseguiríamos uma maior densidade conforme apresentado na Figura 8, e esperava-se que com uma maior densidade obteríamos uma maior resistência e não foi o que os resultados mostraram.

CONCLUSÃO

Com os resultados apresentados conclui-se que ao se tratar da rocha basáltica predominante em nossa região, granulometria do material e forma de aplicação, obtém-se melhor resultado de resistência a compressão simples, na brita graduada tratada com cimento, com a umidade menor em módulo de 0,5 % em relação a umidade ótima do material. Este resultado apesar de expressar os dados obtidos no experimento não é conclusivo em relação aos motivos expostos, sendo necessário o aprofundamento das características mecânicas e químicas da relação água, material basáltico e cimento Portland, o que não foi o objeto deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ARTERIS ES-009 – Rev. 09. **Brita Graduada Tratada com Cimento – BGTC.** Especificação Particular C D T - Centro de Desenvolvimento Tecnológico. Abril – 2016. Disponível em: https://www.arteris.com.br/wp-content/uploads/201 8/07/ARTERIS-ES-009-Brita-Graduada-Tratada-com-Cimento-BGTC-REV-09.pdf. Acesso em: 10 maio 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 9935**:2011. Agregados. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9479**:2006. Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova de argamassa e concreto. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**:2007. Concreto: ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**:2015. Corrigida: 2016. Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova Rio de Janeiro: ABNT, 2016a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**:2016. Ensaios de Compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 2016b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.697**:2018. Cimento Portland: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

AUSTROADS. **Guide to Stabilisation in Roadworks.** Sydney: Association of Australian road transport and traffic agencies, 1998.

BALBO, J. T. **Estudo das propriedades mecânicas das misturas de brita e cimento e sua aplicação aos pavimentos semirrígidos.** 1993. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 1993.

BERNUCCI, L. B. *et al*. **Pavimentação asfáltica**. PETROBRAS: ABEDA. Rio de Janeiro, RJ. 2008.

BERNUCCI, L. B. *et al*. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros.** 3. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS; ABEDA. 2010.

BURNS, S. E.; TILLMAN, K. A. **Evaluation of the Strength of Cement-Treated Aggregate for Pavement Bases.** Report VTRC 06-CR7. Virginia: Department of Transportation, 2006.

CARLES-GIBERGUES, A; HORNAIN, H. A durabilidade do concreto frente às reações expansivas de origem endógena. In: OLLIVIER, J. P., VICHOT, A. **Durabilidade do concreto: bases científicas para a formulação de concretos duráveis de acordo com o ambiente**. São Paulo: IBRACON, 2014.

COSTENARO, F. L. **Desenvolvimento de concreto de alto desempenho com adições de cinza e sílica da casca do arroz.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo. São Paulo. 2003.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO PARANÁ. **Pavimentação: tratamentos superficiais – ligantes convencionais e modificados**. 2017. Disponível em: https://www.camara.leg.br/radio/programas/especial-rodovias-as-primeiras-estradas-brasileiras/. Acesso em: 18 jul. 2020.

FARIA, V. C.; KLINSKY, L. M. G. **Parâmetros mecânicos da brita graduada tratada com cimento.** Nova Dutra: Centro de Pesquisas Rodoviárias, 2015.

HAAS, R.; HUDSON, W.R.; ZANIEWSKI, J. **Agregados e ligantes.** [S. l.: s. n.], 1994.

MEDINA, J.; MOTTA, L. M. G. **Mecânica dos pavimentos.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2015.

Pavimentação Tornar As Vias Transitáveis Para Chegar Aos Templos. **SUPER INTERESSANTE**, 2016. Disponível em: https://super.abril.com.br/historia/pavimentacao/. Acesso em: 5 jul. 2020.

PITTA, M. R.; HURTADO DIAZ, P. S. **Estado-del-Arte de Los Pavimentos de concreto Compactado com Rodillo.** [S. l.: s. n.], 1991.

SUZUKI, C. Y. **Bases cimentadas.** [S. l.: s. n.], 1992.

WOODS, K. B**. Highway engineering handbook.** New York: McGraw Hill. 1960.

XUAN, D. **Cement Treated Recycled Crushed Concrete and Masonry Aggregates for Pavements.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Wuha University of Technology. China. 2012.

YODER, E. J.; WITCZAK, M. W. **Principle of Pavement Design.** 2. ed. [S. l.: s. n.], 1975.

APLICABILIDADE DA CURVA S PARA O GERENCIAMENTO DE CUSTOS DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL COM O USO DO MÉTODO DO VALOR AGREGADO

APPLICABILITY OF THE S CURVE FOR PROJECT COST MANAGEMENT IN CIVIL CONSTRUCTION WITH THE ADDED VALUE METHOD

Wesley **Felipe**
Arthur Felipe Echs **Lucena**

RESUMO

O estabelecimento de ferramentas de controle de gastos, tem sido apontado como uma estratégia fundamental na gestão de obras, para evitar variações em relação ao que foi planejado. Contudo, a realidade da construção civil brasileira evidencia obras com sistemas de gestão deficitários ou deficientes nesse aspecto. Com vistas a contribuir com a disseminação dessas ferramentas no setor, este estudo teve como objetivo discutir as contribuições da aplicação da curva S e da Análise do Valor Agregado, na administração de custos de uma obra popular realizada no jardim Ecovalley, localizado no munícipio de Sarandi (PR). Para isso, foi realizado um estudo de caso em que se elaborou o orçamento de duas residências térreas. A posterior aplicação da Curva S conjugada à análise do Valor Agregado, possibilitou o estabelecimento de um comparativo de desvios de gastos planejados e executados. Concluiu-se que a aplicação da ferramenta da Curva S, com o auxílio do Método do Valor Agregado, contribui sobremaneira para um maior controle na organização dos processos de custos, proporcionando agilidade nas tomadas de decisões e administração das obras e minimizando o efeito de variabilidades no processo produtivo.

Palavras-chave: Curva S. Planejamento de obras. Projetos. Valor Agregado.

ABSTRACT

The establishment of spending control tools has, been pointed out as a fundamental strategy in the management of works, to avoid variations from what was planned. However, the reality of Brazilian civil construction highlights works with poor or deficient management systems in this aspect. In order to contribute to the dissemination of these tools in the sector, this study aimed to discuss the contributions of the application of the S curve and the Value-Added Analysis, in the cost management of a popular work carried out in the Ecovalley garden, located in the municipality of Sarandi (PR). For this, a case study was carried out in which the budget of two single-family residences was prepared. The subsequent application of the S Curve combined with the analysis, of the Value Added made it possible to establish a comparison of deviations of planned and executed expenditures. It was concluded that the application of the S Curve, tool with the aid of the Value-Added Method contributes greatly to greater control in the organization of cost processes, providing agility in decision-making and administration of works and minimizing the effect of variability in the production process.

Keywords: Added value. Construction planning. Projects. S Curve.

INTRODUÇÃO

A construção civil é uma atividade voltada fortemente a prover melhores condições de vida para a população, propondo soluções de infraestrutura e proporcionando, especificamente, grandes empreendimentos que são essenciais para a evolução da sociedade. Apesar da sua evidente relevância no cenário nacional, o ramo da construção civil é considerado um dos menos desenvolvidos na indústria brasileira e global, tornando o papel do engenheiro civil essencial no que diz respeito às oportunidades de desenvolvimento (MAGALHÃES; MELLO, 2018).

Com o passar do tempo, o mercado da construção civil tornou-se mais dinâmico e concorrente, sendo inevitável o uso do gerenciamento de projetos para a tomada de decisões e para o alcance dos benefícios econômicos. Na época atual, a quantidade de projetos que atrasam pela situação dodescontrole de gastos exercidos, comparado aos previstos e ao mau atendimento sobre o que foi pretendido ou combinado pelo cliente, faz com que a gestão de projetos exerça um papel essencial (MATTOS, 2010).

O projeto de um planejamento é o agrupamento de dados, que reproduz as etapas de uma obra, desde a contratação de uma empreita até a entrega da edificação. Sua estrutura é ramificada em especialidades e em documentos de plantas (como estruturais, elétricas, hidrossanitárias, arquitetônicas, entre outros) e documentos escritos (memoriais, orçamentos, cronogramas, contratos, entre outros). Em resumo, o projeto é o estágio mais importante no ciclo de vida de um planejamento, contendo os estudos preliminares, execuções, controles e finalizações. Assim, é possível determinar o futuro da edificação projetada (GRAY, 2009).

Na prática de planejamento, os projetos apresentam grandes quantidades de informações, de modo que os responsáveis que administram essa área realizem diversas análises para a determinação dos avanços, quanto ao andamento e ao desenvolvimento do planejamento (MATTOS, 2010). Além disso, segundo o mesmo autor, a ação de parar para refletir no trabalho somente alguns dias antes do início do projeto é completamente errada, pois não concede tempo ágil para a transição de planos.

O planejamento garante a integração dos parâmetros previstos para as execuções, incluindo os orçamentos e o plano da obra. Os orçamentos auxiliam na compreensão dos pontos econômicos e o plano é associado com a partilha de atividades na execução previsível. Usualmente, as empresas utilizam os Orçamentos Analíticos para se obter uma margem de erros mínima. Esse tipo de orçamento apresenta de modo mais detalhado e preciso a previsão dos custos da obra. É elaborado a partir de composições unitárias de custos e realizada pesquisa de valores dos insumos, procurando sempre chegar a um valor bem aproximado do custo real (MATTOS, 2006).

Em função da versatilidade, é interessante efetuar um planejamento diferente em níveis de apresentações ou definições. Assim, considerando o período de execução da obra, os projetos podem ser definidos como longos, médios e de curtos prazos (GEHBAUER *et al.,* 2002).

O planejamento de longo prazo é considerado o mais comum em relação aos demais. Contém atividades menos detalhadas; normalmente é apresentado em meses e serve para se ter uma visualização geral das etapas da obra. Com ele, é possível realizar a identificação das datas de atividades mais importantes e generalizadas. (BERNARDES, 2001). Ademais, segundo o mesmo autor, o planejamento realizado nesse nível se dirige a um plano "mestre" e evidencia que esse planejamento deve ser usado para facilitar o reconhecimento dos objetivos essenciais do empreendimento.

Já o planejamento de médio prazo se sobressai por dispor objetivos predominantemente programados. Neste ponto os gerentes necessitam estar envolvidos em certificar os meios a fim de alcançar as intenções estratégicas. Sua principal função está relacionada em permitir a observância de interferências no cronograma, identificar a possibilidade de novas tarefas e recursos e controlar a mão de obra no prazo estabelecido (NAZARI; FOROUD, 2013).

Por fim, o planejamento de curto prazo normalmente é efetuado semanalmente. Como o nome já diz, é utilizado para se ter uma visão mais detalhada do projeto, sendo possível a elaboração e conclusão de metas de maneira mais acelerada (LANTELME; TZORTZOPOULOS; FORMOSO, 2001).

De modo geral, a previsão de situações prejudiciais e de eventos que possam "descontrolar" o ritmo de execução de uma edificação, proporciona aos responsáveis que coordenam e supervisionam uma obra a possibilidade de, em tempo hábil e preciso, estabelecer medidas corretivas para reduzir as consequências nos prazos estabelecidos, assim como nos custos determinados. Desse modo, o planejamento é bem executado e bem gerenciado, possibilitando capacitar a equipe de trabalho para que esta esteja preparada para tomada de decisões, antes que o quadro de atraso seja irreversível (GEHBAUER *et al.,* 2002).

O planejamento é uma prática que sempre trouxe benefícios para gestões de uma empresa. Com a aplicação da ferramenta denominada curva "S" nos gerenciamentos de projetos, a sua utilização se torna ainda mais atrativa.

A curva "S" é considerada uma ótima ferramenta gerencial e, suas grandes eficiências estão em expor para o planejador, em um mesmo referencial, o progresso de todo o projeto. Com ela, fica nítida a visão dos desvios entre o que foi planejado e o que está sendo realizado, podendo oferecer a possibilidade do controle de custos e garantir os prazos estipulados (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2017).

Para a análise do andamento do projeto em termos de custos, foi utilizada a curva S, sendo que esta relata que as atividades exercidas no período da construção de qualquer edificação, assemelham-se sempre à curva de Gauss. No início das atividades, a produção se desenvolve em ritmo lento, com poucos afazeres. Logo em seguida, progride para um ritmo mais intenso, com inúmeras tarefas e serviços ocorrendo simultaneamente. Quando a obra se aproxima do fim, a produtividade e a quantidade de serviços decaem, ocasionando um comportamento lento-rápido-lento (MATTOS, 2010).

Ao serem lançados os dados de custos acumulados ou de produtividades acumuladas, em função do tempo, a curva exibirá um comportamento em formato de uma letra S.

O formato da curva não necessariamente apresentará os mesmos padrões, exibindo variações de acordo com a estrutura de cada projeto. As alterações da curva dependerão da sequência em que serão lançados os dados, como, atividades, quantidade de Hh e a duração global do projeto. Diversas são as aparências para a curva, iniciando vagamente ondulada (próximo ao linear) até a sua forma padrão, o "S" com duas concavidades distintas e bem visíveis (MATTOS, 2010). Essa ferramenta dispõe dos seguintes benefícios: grande facilidade na interpretação, permitindo a apresentação da evolução do projeto; viabilidade de aplicação em projetos básicos e mais complexos; possibilidade de análise do parâmetro acumulado (custos e produtividades) em qualquer época do projeto; oportunidade de análise de concentrações de atividades no início da obra; possibilidade de gerenciamento comparativo entre parâmetros previstos e efetivamente realizados, entre outros.

Em contrapartida, a curva S também possui limitações. Uma das suas principais deficiências está relacionada ao fornecimento de informações imprecisas, causando desconforto para a tomada de decisões. Um exemplo simples desses esquivos causados é um projeto hipotético sendo administrado, no qual a execução teve um avanço a mais do que o planejado. Independente do motivo pelo qual isso ocorreu, mesmo que as atividades do caminho crítico exibam um atraso significante que resulta em um avanço abaixo do planejado, o total de avanços globalizando o projeto pode passar uma visão inexata de que ele está no prazo ou desenvolvido conforme o planejado. Contudo, na realidade, ele está atrasado de acordo com as atividades especificas (ZOPPA, 2008).

Para acompanhar o andamento de um projeto, mesmo tendo em mãos os gastos pressupostos baseados em um planejamento adequado, é indispensável a análise do progresso da construção, de forma a inserir em prática a Análise do Método do Valor Agregado (AVA). Essa ferramenta, com base no progresso atual, aponta as vertentes de prazos e custos do projeto até a sua conclusão. Com isso, é plausível a avaliação das opções para a redução dos impactos sobre atrasos ou custos descontrolados (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2017).

A Análise do Valor Agregado provê uma perspectiva adaptada sobre a meta, desempenho de custos e cronogramas. A Variável do Valor Agregado é obtida pelo valor planejado de cada atividade multiplicada pela sua respectiva porcentagem executada, caso a atividade apresente uma conclusão de cem por cento, o valor se torna o mesmo que o planejado.

Ao usufruir dessa ferramenta, a linha de base (dados de referência do projeto) da determinação do desempenho, é relacionada com os resultados reais para a tomada de decisões, sendo ações preventivas ou corretivas. Esse método associa os resultados do valor das atividades planejadas com as atividades devidamente concluídas. A partir disso, torna-se plausível qualificar os desempenhos de custos e o plano da edificação conforme o idealizado (BELCHIOR, 2014). Além disso, os princípios do valor agregado podem ser empregados a todos os tipos de projetos dentre todos os setores.

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo discutir as contribuições da aplicação da curva S e, da Análise do Valor Agregado na administração de custos de uma obra popular realizada no jardim Ecovalley, próximo ao contorno sul em Sarandi (PR). O estudo se justifica à medida que se entende que as ferramentas têm potencial para atuar no controle de gastos, bem como na redução dos prazos estipulados pela empreita. Além disso a ferramenta da curva S pode proporcionar grandes melhorias ao processo de planejamento, independente do porte da obra. A utilização desse método é capaz de tornar mais ágeis as tomadas de decisões para o planejador. Evita-se, assim, gastos desnecessários ao decorrer do planejamento e proporciona uma visão global da obra ao gestor, que, como visto, são grandes demandas do mercado.

MATERIAL E MÉTODOS

A estratégia adotada para a realização da pesquisa foi o estudo de caso. Este foi realizado em duas edificações populares (geminadas) localizadas no jardim Ecovalley, no munícipio de Sarandi/PR. As residências (A e B) possuem área de 67,45m^2 cada e lote com dimensões de 21,50m por 14,00m de testada (Figura 1). A obra global necessitou de 5 meses para sua conclusão, tendo início em 29 de janeiro de 2019 e término em 28 de junho de 2019. Para a construção das residências foi apresentada uma estimativa de gastos, em especial: materiais, mão de obra, serviços de documentações, tributos e a compra do lote.

A mão de obra, empreitada, era composta por 4 funcionários: 1 mestre de obra, 2 pedreiros e 1 servente. Eram responsáveis pela execução desde os serviços preliminares até a fase de acabamentos. O dimensionamento da equipe de trabalho foi realizado considerando que os funcionários apresentariam produtividade suficiente para suprir a demanda e, atingir os prazos planejados para o término das residências.

Figura 1 - Residências térreas geminadas de baixo padrão (populares)

Fonte: Empresa Construtora (2019).

Antes do início das atividades, os orçamentos globais foram calculados com base em projetos similares anteriormente executados pela empresa. Os orçamentos realizados pela empresa possuem nível de detalhamento compatível com um Orçamento Analítico, que apresenta o detalhamento de todas as etapas do empreendimento, resultando em boa confiabilidade em relação aos valores apresentados. A inclusão dos custos diretos e do BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) de 28,13%, promove um preço de venda das duas residências de duzentos e cinquenta e nove mil reais. Na composição do BDI, considera-se uma margem de lucro para o construtor, estimada em cerca de 30% calculada sobre o parâmetro, proporcionando um ganho de aproximadamente dezessete mil reais no ato da venda das duas residências.

Todos os materiais e serviços de terceiros prestados na execução da obra, atenderam às especificações de qualidade e demais especificações técnicas descritas no orçamento. Grande parte dos materiais foram comprados de forma “direta” com custos de mercado, evitando-se gastos excessivos para não haver tanta diferença com o orçamento.

Além disso, para integrar e incorporar esse estudo, foi fundamental a compreensão de quatro fatores importantes resultantes do método do Valor Agregado. Nesse sentido, a partir do Índice de Desempenho de Custos (IDC) tem-se: Variação de Custo (VC), Valor Planejado (VP), Custo Real (CR) e o Valor Agregado (VA), apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Especificações obtidas pela análise do Valor Agregado

Descrição	Abreviação	Fórmula	Interpretação
Valor Planejado	VP	-	Soma acumulada dos gastos previstos considerando todas as atividades do projeto.
Custo Real	CR	-	Soma dos custos reais que ocorreram na realidade para execução de todas as atividades do projeto.
Valor Agregado	VA	-	Soma dos valores de cada atividade multiplicada pela sua respectiva porcentagem executada.
Índice de Desempenho de Custos	IDC	VA/CR	IDC=1, indica que o projeto está com o custo igual ao previsto no orçamento. IDC<1, indica que o projeto está com o custo maior que ao previsto no orçamento. IDC>1, indica que o projeto está com o custo menor que ao previsto no orçamento.
Variação de Custo	VC	VA-CR	VC=0, indica que os gastos com o projeto estão dentro do orçamento. VC<0, indica que o projeto ultrapassou o orçamento. VC>0, indica um bom desempenho.

Fonte: Vargas (2002, p. 54), adaptado.

Com base no Quadro 1, foram calculadas as variáveis decorrentes de cada mês, sempre utilizando o método de valores acumulados.

A determinação dos Custos Reais foi obtida pelo seguinte critério: “soma dos custos reais que ocorrem para execução de todas as atividades do projeto”. Para o acúmulo de cada mês, foram totalizados os gastos conforme suas respectivas porcentagens de execução, sendo que:

-No primeiro mês, foram totalizados os gastos de etapa de serviços preliminares;

-No segundo mês, foram totalizados os gastos das etapas de serviços preliminares e infraestrutura;

-No terceiro mês, foram totalizados os gastos das etapas de serviços preliminares, infraestrutura e supra estrutura;

-No quarto mês, foram totalizados os gastos das etapas de serviços preliminares, infraestrutura, supra estrutura, cobertura, revestimentos e instalações hidráulicas e elétricas;

-No quinto e último mês, foram totalizados todos os gastos de todas as etapas decorrentes da obra.

Os custos planejados constituíram uma linha de base para efetuar as análises, de modo que os dados dos custos reais inseridos sobre essa linha, possibilitaram a identificação nítida de variações entre ambos no decorrer dos meses de atividades da construção.

A partir dos valores dos custos reais, foi elaborada uma curva S para o gerenciamento do projeto. A análise conjunta da curva e de parâmetros como os Custos Reais e Valores Agregados, também permitiu identificar desvios de custos e levantar discussões a respeito dos benefícios dessas ferramentas para a fase de controle do projeto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a Estrutura Analítica de Projeto (EAP) com dados do orçamento utilizados para a realização do estudo. Na tabela, também constam os valores e prazos do projeto planejado e executado.

Tabela 1 - EAP com os orçamentos e prazos do projeto planejado e executado

EDT	Tarefas	Duração	Custo	Tarefas	Duração	Custo
0	Residência térrea em alvenaria (projeto planejado)	152 dias (5 meses)	Planejado	Resid. em alve.(proje. executado)	152 dias (5 meses)	Executado
1	**Lote comprado(21,5x14m)**	**--**	**R$ 80.000,00**	**1**	**--**	**R$ 80.000,00**
2	**Serviços Preliminares**	**3 dias**	**R$ 3.500,00**	**2**	**3 dias**	**R$ 4.300,00**
2.1	Projeto Arquitetônico	--	R$ 1.500,00	2.1	--	R$ 2.500,00
2.2	Limpeza/ terraplenage.	3 dias	R$ 2.000,00	2.2	3 dias	R$ 1.800,00
3	**Infraestrutura**	**30 dias**	**R$ 46.000,00**	**3**	**30 dias**	**R$ 50.650,00**
3.1	Fundação (estacas)	10 dias	R$ 12.000,00	3.1	10 dias	R$ 14.200,00
3.2	Estrutural	20 dias	R$ 34.000,00	3.2	20 dias	R$ 36.450,00
4	**Supra Estrutura**	**30 dias**	**R$ 15.900,00**	**4**	**30 dias**	**R$ 19.150,00**
4.1	Vedação em alvenaria	20 dias	R$ 9.800,00	4.1	20 dias	R$ 11.150,00
4.2	Contrapiso	10 dias	R$ 6.100,00	4.2	10 dias	R$ 8.000,00
5	**Cobertura**	**10 dias**	**R$ 10.000,00**	**5**	**10 dias**	**R$ 9.200,00**
5.1	Madeiramento e cobertura com telhas	10 dias	R$ 10.000,00	5.1	10 dias	R$ 9.200,00
6	**Revestimento**	**20 dias**	**R$ 12.000,00**	**6**	**20 dias**	**R$ 14.000,00**
6.1	Reboco interno e ext.	20 dias	R$ 12.000,00	6.1	20 dias	R$ 14.000,00
7	**Instalações Hidrá/Elétr.**	**30 dias**	**R$ 11.900,00**	**7**	**30 dias**	**R$ 11.800,00**
7.1	Instalações Hidráulicas	15 dias	R$ 5.400,00	7.1	15 dias	R$ 5.800,00
7.2	Instalações Elétricas	15 dias	R$ 6.500,00	7.2	15 dias	R$ 6.000,00
8	**Acabamentos**	**29 dias**	**R$ 22.800,00**	**8**	**29 dias**	**R$ 28.000,00**
8.1	Esquadrias	9 dias	R$ 11.200,00	8.1	9 dias	R$ 13.000,00
8.2	Pintura interna/externa e cerâmica	20 dias	R$ 11.600,00	8.1	20 dias	R$ 15.000,00
Total:		**152 dias**	**R$ 202.100,00**	**Total:**	**152 dias**	**R$ 217.100,00**

Fonte: os autores.

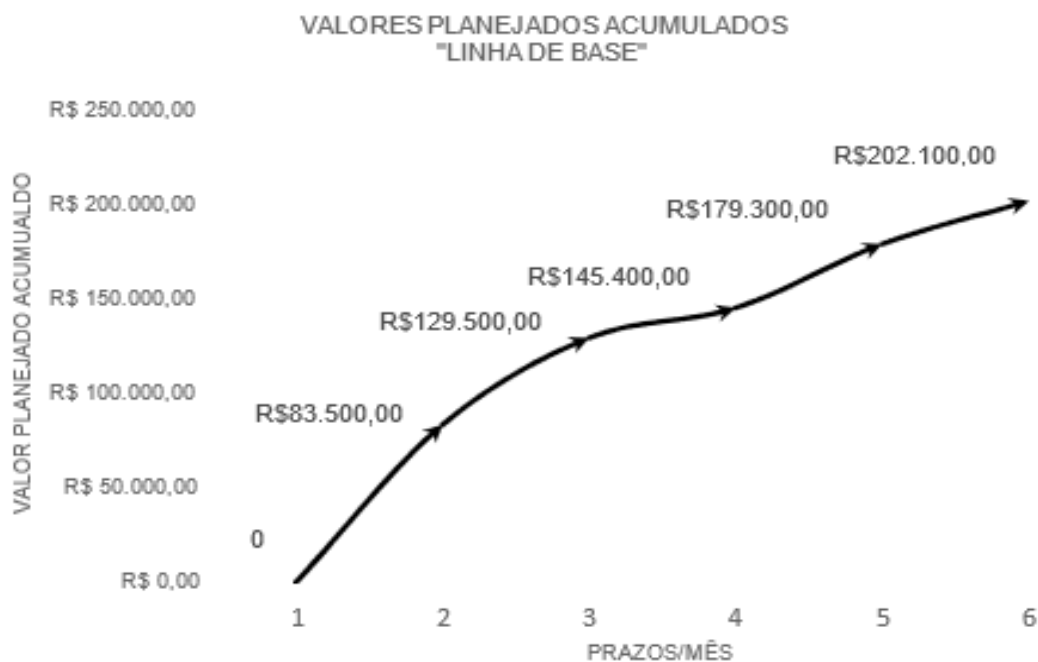
Nessa estrutura, arranjada por fases, determinaram-se sete etapas (Serviços Preliminares, Infraestrutura, Supraestrutura, Cobertura, Revestimento, Instalações Hidráulicas e Elétricas e Acabamentos). As colunas da esquerda referem-se aos prazos e custos do planejamento da obra, e as colunas da direita aos custos e prazos executados na prática.

Com o auxílio da Tabela 1, foram compostos os primeiros dados para a análise da curva S. Esses dados são referentes aos custos/valores planejados acumulados.

O orçamento totalizou um custo de duzentos e dois mil e cem reais, em que:

- Serviços Preliminares: representam 5% da obra global, consumidos no início do primeiro mês;
- Infraestrutura: representa 35% da obra global, consumidos nos dois primeiros meses;
- Supraestrutura: representa: 25% da obra global, consumidos com predecessoras entre o segundo e o terceiro mês;
- Cobertura: representa 5% da obra, consumidos no quarto mês de atividades;
- Revestimento: representa 10% da obra, consumidos no quarto mês de atividades;
- Instalações Hidráulicas e Elétricas: representa 5% da obra, consumidos no quarto mês de atividades;
- Acabamentos: representa 15% da obra global, consumidos no último mês (quinto) de atividades.

Dispondo os dados acima com a ferramenta da curva S, tem-se o exposto na Figura 2, resultando em uma linha de "base".

Figura 2 - Curva do avanço dos Valores Planejados para a obra

Fonte: os autores.

Com a obtenção da linha de base (custos planejados), que será considerada como referência para a comparação dos custos executados e planejados, também foi necessário determinar os parâmetros Valor Agregado (VA) e Custo Real (CR), ambos com ênfase para a obtenção dos resultados executados ao decorrer da construção.

Observa-se que os Valores Agregados precisariam ser multiplicados os Valores Planejados por suas respectivas porcentagens de conclusão das atividades, porém, como a obra já foi concluída e o estudo está sendo comparado após o término, a multiplicação pelos Custos Planejados foi realizada considerando 100% de conclusão.

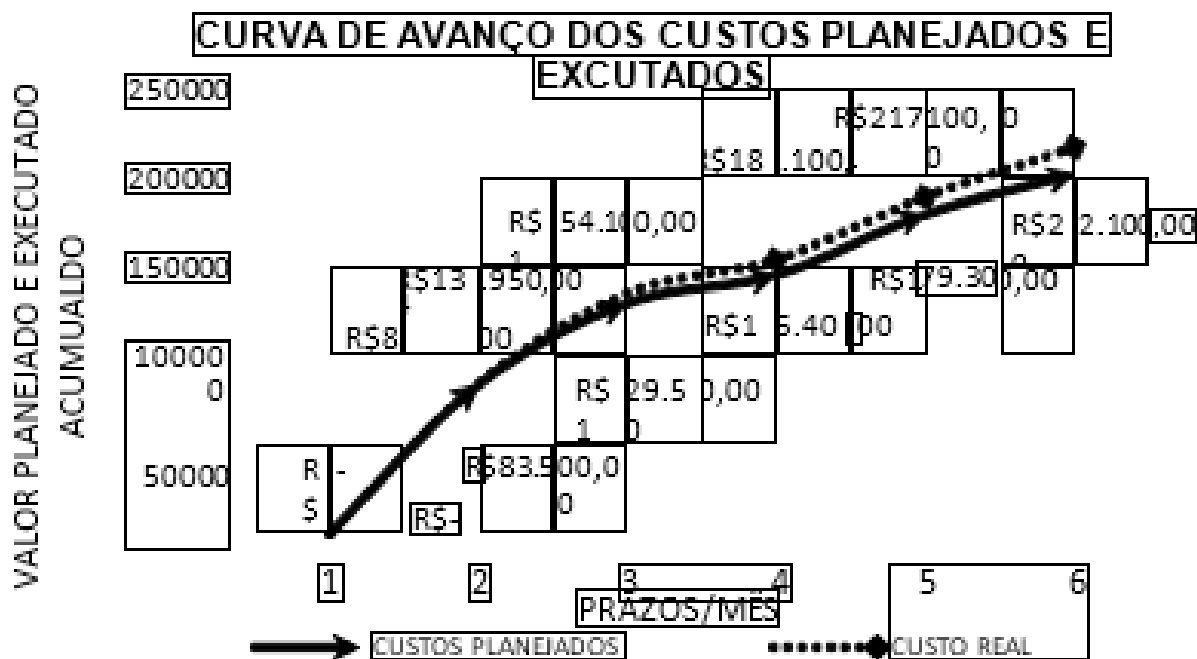
Os valores obtidos estão dispostos na Tabela 2. Ressalta-se que esses custos estão relacionados aos gastos que foram planejados e os obtidos ao decorrer da realização e conclusão da obra.

Tabela 2 - Valores de Valor Agregado e Custo Real

Variável Valor Agregado (VA) [R$]	MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3	MÊS 4	MÊS 5
Valor Agregado (VA) [R$]	83.500,00	129.500,00	145.400,00	179.300,00	202.100,00
Custo Real (CR) [R$]	84.300,00	134.950,00	154.100,00	189.100,00	217.100,00

Fonte: os autores.

Aplicando essas informações juntamente com a linha de base, apresentada na Figura 2, é possível observar o desempenho dos custos em comparação ao planejado.

Figura 3 - Curva de avanço dos valores planejados e executados

Fonte: os autores.

Como observado na Figura 3, de fato se identificou uma maior quantidade de gastos em comparação com o previsto. Isso é visível quando a linha (sólida) de base se encontra na parte inferior da linha (pontilhada) de custos executados. Em nenhum momento as linhas se cruzaram, o que indica que os custos executados se mantiveram sempre acima do concebido.

Nota-se também que, a partir do segundo mês, os valores começaram a crescer disparadamente. Como consequência, independentemente dos prazos, a obra pode conter um atraso significante nos custos, possivelmente tornando o projeto superfaturado. Com referência ao caso estudado, notou-se que no final do projeto, o acúmulo de gastos teve um aumento de aproximadamente quinze mil reais em relação ao que foi planejado no início da obra, ou seja, um acréscimo por volta de 7%.

Outra forma de determinar o andamento dos custos ou mesmo se eles apresentam variações em relação ao planejado é pela análise da Variação de Custo (VC). Esta requer a diferença entre os Valores Agregados e os Custos Reais. Para essa análise, determina-se se os custos estão de acordo com o planejado no definido momento requerido. Para uma análise do mês dois (serviços preliminares e infraestrutura), em que a execução de ambas etapas apresentam 40% da conclusão, aplica-se essa porcentagem sobre o custo planejado do segundo mês, obtendo-se o valor de R$ 77.700,00, denominado de Valor Agregado (VA). Assim, para a determinação da Variação de Custo, elaborou-se a diferença entre o VA e o CR, alcançando um valor de R$ 57.250,00. Como apresentado no Quadro 1 (Variação de Custos), observa-se que, uma vez que o valor de VC se situa abaixo de zero (negativo), tem-se a indicação de que o projeto ultrapassou o orçamento, porém, se essa análise fosse obtida de forma geral, não seria possível a identificação desses parâmetros.

Para análise mais detalhada dessas situações, realizou-se uma verificação em relação aos Índices de Desempenho de Custos (IDC). Esse parâmetro correlaciona os custos reais e os valores agregados ao empreendimento, de modo a se avaliar se de fato os investimentos agregaram valor ao projeto. O IDC foi determinado conforme especificação apresentada no Quadro 1.

Tabela 4 - Valores do Índice de Desempenho de Custos

Variável	MÊS 1	MÊS 2	MÊS 3	MÊS 4	MÊS 5
Valor Agregado (VA) [R$]	83.500,00	129.500,00	145.400,00	179.300,00	202.100,00
Custo Real (CR) [R$]	84.300,00	134.950,00	154.100,00	189.100,00	217.100,00
Índice de Desempenho de Custos (IDC)	0,99	0,96	0,94	0,95	0,93

Fonte: os autores.

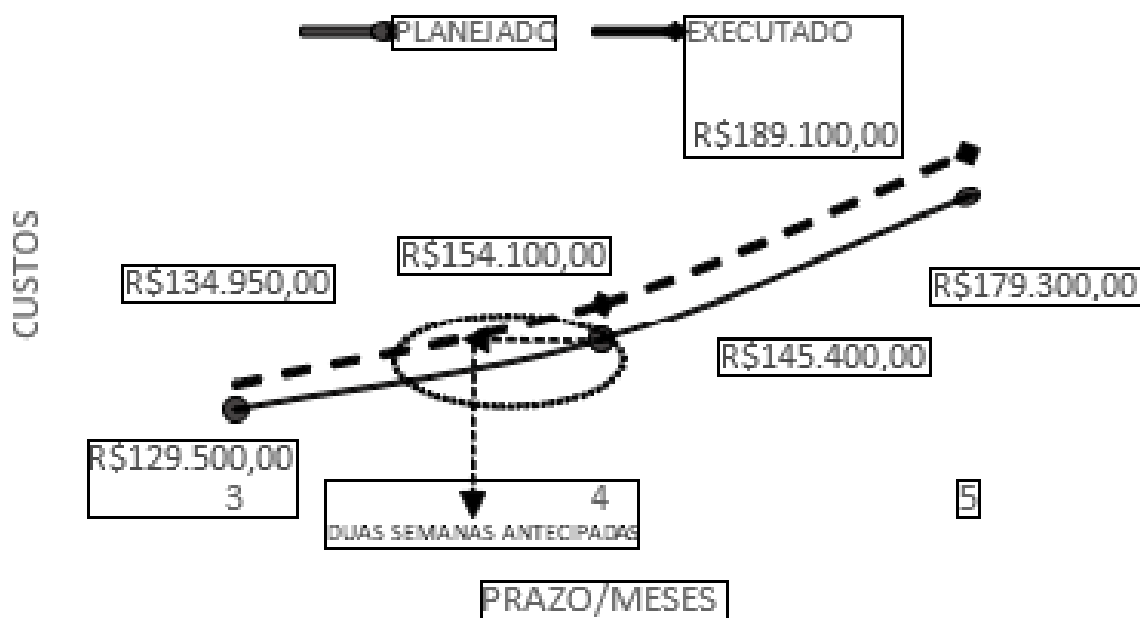
À frente dos valores obtidos na Tabela 4 e com o auxílio do Quadro 1, observa-se que ambos não ultrapassaram o valor de 1,0. Isso indica que o projeto está com os custos maiores do que o previsto no orçamento. Assim, há sempre um alerta, uma vez que desembolsar mais do que o calculado pode apresentar prejuízos para as finanças da empresa.

Portanto, com as informações obtidas por meio das análises comparativas entre os Valores Agregados e os Custos Reais, observa-se que a construtora terceirizada não praticou controles precisos dos gastos após o orçamento. Seria reversível esse quadro, caso a empresa estivesse atenta aos custos e ao controle do empreendimento, sendo utilizado para isso uma ferramenta de gestão como a Curva S ou a análise do valor agregado. É importante relembrar que esse estudo se limitou a apresentar as comparações de custos, mas também seria viável realizar análise análoga para os prazos da obra.

Embora a análise da curva S seja tradicionalmente utilizada apenas para comparação de custos planejados e executados em um mesmo mês de observação, a exemplo de Mattos (2010), também foi realizada uma comparação do deslocamento "horizontal" dos desvios, apresentada na Figura 4.

Com vistas a exemplificar a dinâmica da referida análise, adotou-se o mês

4 como referência. A partir da Figura 4, observa-se que a proposta do planejamento era de que o aporte financeiro da empresa no projeto totalizasse R$ 145.400,00 apenas no quarto mês de execução do empreendimento, porém a projeção horizontal desse valor na curva de valores executados revelou que o mesmo valor planejado ocorreu quase duas semanas antes do previsto.

Figura 4 - Análise do deslocamento horizontal

Fonte: os autores.

Essa análise evidencia ao gestor o quão antecipadamente os gastos que ele planejou para um determinado período de fato ocorreram. Isso revela projeções importantes para o planejamento financeiro do empreendedor. Mesmo estando preparado para gastar o valor de R$ 145.400,00 apenas no mês quatro, ele terá que se antecipar duas semanas para lidar com esses custos. Dessa forma, conclui-se que a curva S, além de apontar diagnósticos de dados executados, aponta previsões financeiras a respeito de como serão os gastos futuros, proporcionando um controle adequado para o fluxo de caixa da empresa.

Salienta-se, ainda, que os gastos e tarefas antecipadas no momento que não estava programado para ocorrer, podem ser considerados como ineficiências ou "perdas" do processo produtivo em algumas situações. A mobilização de capital de forma antecipada sugere deficiências que devem ser investigadas, como: a entrega de materiais antes do momento efetivamente necessário, a execução de tarefas não programadas para o período analisado, avanço significante na produção da empreita, entre outros. Essas constatações são consonantes com o exposto por Mattos (2010), que afirma que cabe ao gestor da obra investigar se essas motivações foram positivas ou negativas para a situação financeira da empresa.

Em síntese, a utilização da curva S nesse estudo, apesar de simples, evidencia que o caso apresenta a necessidade de modificar o rumo do projeto em curso para que a empresa, ou o proprietário da edificação não vivenciem prejuízos ao término da obra. Ademais, a ferramenta também se mostra útil para observar predisposições para futuros projetos, minimizando, assim, os desvios de gastos decorrentes de mal gerenciamento. Ressalta-se que essas constatações se mostram consonantes com outros estudos realizados sobre o tema, como o estudo de Mattos (2010).

CONCLUSÃO

No presente estudo, foram discutidos alguns métodos para a exploração da Curva S, ambos visando a identificação de pontos cruciais no desenvolvimento do projeto. A ferramenta apresenta estratégica para o gerente de projetos, visando a tomada de providências diante do desenvolvimento da obra. Além disso, a aplicação do Método do Valor Agregado associado à Curva S possibilita o aperfeiçoamento da análise do projeto por meio dos índices e relações numéricas.

A ferramenta utilizada no presente trabalho exibe um aspecto interessante, que permite ao gestor a possibilidade de maior quantidade de argumentos para fundamentar as suas decisões perante o desenvolvimento da obra. Conclui-se também que os resultados obtidos com este estudo vão ao encontro das discussões abordadas na literatura. De fato, a partir das ponderações executadas ao longo desse trabalho, apontou-se a relevância de se efetuar a aplicação desses recursos como soluções para determinadas situações no processo de desenvolvimento de uma obra.

Em síntese, conclui-se que a utilização de ferramentas de controle como a Curva S e a Análise do Valor Agregado, é de suma relevância para que a empresa consiga ter um melhor controle de suas providências, bem como alcançar objetivos importantes quanto à redução de custos, tendo assim maior margem de lucro em seus empreendimentos.

Em relação aos objetivos propostos, considera-se que o presente estudo obteve todas as marcas desejadas, apresentando contribuições teóricas e práticas para sua reprodução em variados empreendimentos. Devido às limitações da pesquisa, não se pode avaliar planos com maiores riquezas de detalhes, oferecendo proporcionalmente melhores desempenhos e resultados financeiros ao final da obra.

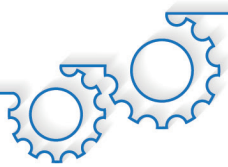
Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a utilização de ferramentas de outras áreas do planejamento, como o gerenciamento de prazos, qualidades, entre outros.

REFERÊNCIAS

BELCHIOR, R. F. **A utilização do Método de Análise do Valor Agregado para otimização de Prazos e Custos em obras de edificações.** 2014. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Engenheiro) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção.** 2001. 310f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2001.

GEHBAUER, F. *et al.* **Planejamento e Gestão de Obras: um resultado prático da cooperação técnica Brasil-Alemanha.** Curitiba: CEFET-PR, 2002.

GRAY, C. F. **Gerenciamento de Projetos:** o processo gerencial**.** 4. ed. Rio de Janeiro: AMGH, 2009.

LANTELME, E.; TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C. **Indicadores de Planejamento e Controle de Produção**. UFRGS: SISIND-NET. 2001. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/sisind-net/resenhas/sistema-de- indicadores/indicadores-de-planejamento-e-controle-da-producao. Acesso em: 22 mar. 2020.

MAGALHÃES, R. M.; MELLO, L. C. B. B. Planejamento e controle de obras civis: estudo de caso múltiplo em construtoras no Rio de Janeiro**. Gestão de Produção**, v. 25, n. 1, p. 44-55, 2018.

MATTOS, A. D. **Como Preparar Orçamentos de Obras.** São Paulo. PINI, 2006.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras.** São Paulo: PINI, 2010.

NAZARI, M.; FOROUD, A. A. Optimal strategy planning for a retailer considering medium and short-term decisions. **International Journal of Eletrical Power & Energy Systems**, v. 45, n. 1, p. 107-116, 2013.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia de conhecimento em gerenciamento de projetos: Guia PMBOK**. 6. ed. [S. l.]: Project Management Institute, 2017.

VARGAS, R. V. **Análise de Valor Agregado (EVA) em projetos**. Rio de Janeiro. Brasport, 2002.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 4. ed. São Paulo. Bookman, 2010.

ZOPPA, A. Desmistificando a ferramenta Curva S no planejamento. **Techoje**, 2008.

CONTRIBUIÇÃO DO USO DO INDICADOR PERCENTUAL DE PLANOS CONCLUÍDOS (PPC) PARA O PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS

CONTRIBUTION OF THE USE OF THE PERCENTAGE OF COMPLETED PLANS INDICATOR (PPC) FOR PLANNING AND CONTROL OF WORKS

Yan Victor de Araujo **Nunes**
Arthur Felipe Echs **Lucena**

RESUMO

O planejamento e controle de uma obra cumpre um papel fundamental dentro do processo de produção do empreendimento, estabelecendo metas, objetivos e procedimentos necessários para se atingir os planos, além de mensurar prazos e qualidade. Nesse contexto, indicadores como o Percentual de Planos Concluídos (PPC) são fundamentais para avaliações dos desvios incorridos e problemas que muitas vezes levam ao fracasso dos empreendimentos. O presente estudo objetivou identificar as contribuições no uso do PPC em empresas da construção civil de pequeno porte. Para isso, avaliou-se o parâmetro no decorrer do processo de execução de alvenarias e atividades correlatas em uma empresa de Maringá/PR. Com o auxílio do PPC, foi possível identificar os principais problemas encontrados durante a produção, assim como solucionar os desvios incorridos durante as semanas em análise, através de reuniões semanais e apontamentos sobre os problemas detectados durante o período de pesquisa. Concluiu-se que o uso do indicador trouxe uma contribuição positiva para a obra, aumentando a assertividade dos planejamentos impostos pela empresa e delimitando os principais problemas encontrados no processo, além de apresentar de forma clara e objetiva quais ações necessárias para assegurar seu adequado desempenho.

Palavras-chave: Construção civil. Indicadores. Planejamento de obras. Processo.

ABSTRACT

The production planning and control plays of a work plays a fundamental role within the production process of the enterprise, establishing goals, objectives and procedures necessary to achieve the plans, in addition to measuring deadlines and quality. In this context, indicators such as the Percentage of Completed Plans (PPC) are essential for assessing the deviations incurred and problems that often lead to the failure of the projects. The present study aimed to identify the contributions to the use of PPC in small construction companies. For this, the parameter was evaluated during the process of building masonry and related activities in a company in Maringá / PR. With the aid of the PPC, it was possible to identify the main problems encountered during production, as well as to solve the deviations incurred during the weeks under analysis, through weekly meetings and notes on the problems detected during the research period. It was concluded that the use of the indicator brought a positive contribution to the work, increasing the assertiveness of the plans imposed by the company and delimiting the main problems encountered in the process, in addition to presenting clearly and objectively what actions are necessary to ensure its adequate performance.

Keywords: Construction. Construction planning. Indicators. Process.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento da construção civil no âmbito nacional, nota-se grande quantidade de obras de pequeno e médio porte com exageradas variações em seus processos, na qualidade do serviço e no tempo de execução, o que por muitas vezes levam seus empresários à falência. O gerenciamento adequado de uma obra não é uma tarefa fácil e requer cuidados especiais e ferramentas necessárias para fazê-lo (MATTOS, 2010).

Considerando que o setor da construção civil é responsável por aproximadamente 6,2% do Produto Interno Bruto (PIB) do país (FIGUERÊDO, 2017), destaca-se um papel fundamental dessa indústria na economia nacional. Em particular, as pequenas e médias empresas da construção civil equivalem a cerca de 24% do setor (FIGUERÊDO, 2017). Em vista disso, uma das formas de se manterem no mercado sem investimentos altos com sistemas de qualidade ou tecnologias é aproveitando os recursos de maneira planejada e eficiente, a partir da análise e aplicação de indicadores de desempenho e qualidade, elevando a sua produtividade, a qualidade dos serviços e gerando lucro em pequenas ações (COSTA *et al*., 2005).

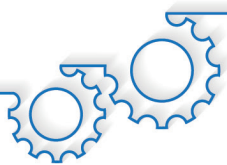
O desempenho do sistema de planejamento deve ser medido durante a execução do plano a partir de indicadores de desempenho. Através das análises das não conformidades, encontram-se as causas dos problemas e buscam-se as soluções para a melhoria contínua do processo. Os indicadores de planejamento são ferramentas para medir o grau de certezas e incertezas desencadeadas pelos fluxos de planejamento, materializados em índices que ajudam a analisar quantitativamente os serviços ou a produção (FIGUEIREDO, 2014).

A medição de desempenho é um processo pelo qual se decide o que medir e se faz a coleta, processamento e avaliação dos dados. Através do processo de medição, é possível identificar as capacidades da organização e os níveis de desempenho esperados, tanto dos processos quanto do sistema organizacional. Possibilita, também, identificar as necessidades de retroalimentação, o que pode ser melhorado, sobre o que concentrar a atenção e onde alocar os recursos (COSTA *et al*., 2005).

O processo de planejamento e controle da produção requer vários ciclos de retroalimentação, em que as ações tomadas anteriormente são avaliadas com o objetivo de detectar possíveis falhas (LANTELME; TZORTZOPOULOS; FORMOSO, 2001). Esses ciclos precisam de indicadores para ajudar nas tomadas de decisões futuras com dados reais e confiáveis.

Os indicadores de desempenho são ferramentas utilizadas para avaliação da eficiência das tarefas programadas que ajudam a analisar de forma quantitativa o processo de produção (FIGUEIREDO, 2014). Eles exercem diversas funções dentro de um processo gerencial, sendo elas: visibilidade, controle, melhoria, implantação das estratégias e envolvimento de colaboradores (COSTA *et al*., 2005).

De acordo com Costa *et al*. (2005), os indicadores mais utilizados nos processos gerenciais nas empresas são os indicadores de produção e segurança, desvio de custo, índice de boas práticas de canteiros de obras, percentual de planos concluídos, índice de satisfação do cliente usuário, velocidade de vendas, avaliação de fornecedores de serviços, número de não conformidade em auditorias entre outros.

Em especial, Mattos (2010) define o índice Percentual de Planos Concluídos (PPC) como um indicador utilizado para avaliar a eficácia do processo de planejamento e controle de obra, particularmente para planos de curto prazo com duração de pacotes de trabalho de uma semana ou quinze dias. De acordo com Oliveira (2010), o PPC é o quociente entre as atividades completadas e o número total de atividades comprometidas, expressando a qualidade do plano semanal e identificando a imprevisibilidade e a variabilidade na produção, garantindo eficiência no plano.

A partir do resultado da análise do PPC e das causas de não cumprimentos dos pacotes de trabalho, pode-se distinguir a qualidade do planejamento e quais são os fatores relevantes para o seu não cumprimento. Esse indicador pode ser coletado a qualquer momento da obra, ou em períodos pré-estabelecidos. Todos os dados de entrada devem estar atrelados ao plano de curto de prazo (COSTA *et al*., 2005). De acordo com Akkari (2003), os parâmetros utilizados para avaliar o desempenho do PPC, seguem os seguintes critérios: PPC maior que 80%, indica um bom desempenho, PPC menor que 80% e maior que 60%, indica um médio desempenho e um PPC menor que 60%, indica um baixo desempenho.

Para Guthheil (2004), a construção civil é frequentemente criticada por ser atrasada pela sua baixa produtividade e pelos problemas de qualidades dos seus produtos. De fato, diversos diagnósticos realizados no Brasil indicam que a maioria dos problemas enfrentados pela construção civil estão nos processos gerenciais e que resultam em baixos níveis de eficiência e qualidade. São poucos os que realizam medições sobre os seus processos para saber quais são suas eficiências (ISATTO *et al*., 2000).

Neste contexto o presente estudo objetivou identificar as contribuições no uso do indicador de Percentual de Planos Concluídos (PPC) em empresas da construção civil de pequeno porte, analisando sua representatividade em relação ao desempenho do processo produtivo e evidenciando as causas de desvios incorridos em seus processos, bem como os ganhos devido a sua utilização.

MATERIAL E MÉTODOS

A estratégia utilizada no presente trabalho consiste em um estudo de caso. Trata-se, portanto, de uma pesquisa aprofundada sobre um ou poucos objetos de investigação, de modo a produzir conhecimento amplo e detalhado sobre o tema. Seu objetivo é servir de base para novos estudos ou como prova social, atestando a veracidade de uma proposta (PATEL, 2020).

A empresa objeto do estudo de caso é uma indústria de pré-moldados e estruturas metálicas, responsável pela fabricação e montagem das estruturas metálicas como coberturas, fechamentos metálicos, mezaninos, fabricação de pilares, vigas e lajes pré-moldadas, bem como a execução de alvenaria, elétrica, hidráulica e montagem dos pré-moldados. Trata-se de uma empresa de pequeno porte que possui aproximadamente 30 colaboradores em seu quadro de funcionários e está no mercado há 5 anos. Seu segmento de atuação se refere à execução de projetos residenciais e comerciais com foco em galpões industriais e não possui um sistema de gestão integrado para avaliar os processos e rendimentos.

Todo processo produtivo, desde a fabricação dos pré-moldados, estruturas metálicas, alocação de mão de obra e material, revisão de projetos, orçamentos, planejamento e contratação, é responsabilidade exclusiva do dono da empresa, que designa os colaboradores para as tarefas a serem cumpridas. Não existe um setor especializado para levantamento do desempenho ou conferência do que foi planejado.

A empresa possui também: um encarregado e um mestre de obras, responsáveis pelo andamento das obras e medições; um gerente de escritório, responsável pelos setores de recursos humanos, compras e almoxarifado; e um responsável por cada setor de produção da empresa (fabricação e montagem). Os empreiteiros são submissos ao encarregado e ao mestre de obras que, por sua vez, agem conforme as indicações do dono da empresa.

O processo produtivo varia dependendo do produto demandado. Na construção de um galpão industrial, por exemplo, primeiramente se fabricam os pilares, vigas e lajes no pátio da firma. Logo após, segue-se para a fabricação das estruturas metálicas, como coberturas, por exemplo. Os próprios colaboradores são responsáveis por efetuar as etapas de serviços preliminares, fundações, implantação dos pré-moldados, montagem das estruturas metálicas até a cobertura. Quanto às vedações, os serviços são empreitados para terceiros, assim como reboco, revestimentos, instalações elétricas e hidráulicas.

No decorrer do presente estudo, analisou-se uma obra realizada pela empresa, referente à execução de um galpão industrial com 580 m² situado em Maringá/PR. A edificação era composta por pilares pré-moldados, cobertura metálica e fechamentos em alvenaria. Como exposto, o objetivo do acompanhamento da obra consistiu em verificar as contribuições do uso do indicador de planejamento Percentual de Planos Concluídos (PPC).

Para aferição dos indicadores de planejamento e qualidade na obra, um dos pesquisadores autores deste trabalho realizou uma reunião com o dono da empresa, o gerente de obra, o mestre de obra e o empreiteiro responsável pela execução da alvenaria. Foi apresentado um informativo sobre os indicadores com intuito de promover conhecimento aos colaboradores, descrevendo os benefícios que sua implantação traria aos envolvidos e, consequentemente, à empresa.

Após aceite da empresa, a realização do estudo ocorreu durante 3 semanas, com início no dia 08/06/2020 e término no dia 26/06/2020, possibilitando verificar quais as ações necessárias para obter resultados positivos na empresa e as contribuições geradas pelo uso dos indicadores. De acordo com o cronograma disponibilizado pelo dono da empresa, montou-se um planejamento para execução da alvenaria com duração de 21 dias.

Optou-se pela avaliação do indicador para a atividade de elevação da alvenaria com todas as suas etapas envolvidas,

Além do assentamento da alvenaria, avaliou-se outras atividades do processo, como: montagem de fôrmas das vigas baldrames, vigas intermediárias, respaldos, pilares, concretagem das fôrmas e assentamento das lajotas.

Entre as atividades a serem desenvolvidas no cronograma, estas foram consideradas pelos gestores da empresa e pelo pesquisador como umas das mais suscetíveis a variações de prazo, execução e qualidade, devido à constante mudança de mão de obra dentro da empresa e o desconhecimento da produtividade da equipe.

No início de cada semana, foi elaborado um plano semanal com atividades tangíveis para os empreiteiros. Durante as semanas, foi acompanhado diariamente cada etapa do planejamento, anotando-se as etapas cumpridas e o motivo de não cumprimento, caso isso ocorresse.

Na primeira semana, foi elaborado um plano semanal contendo a produção de todo baldrame da obra e mais a produção de 80m² de levantamento de alvenaria. Na segunda semana o planejamento semanal contou com a produção de 120m² de levantamento de alvenaria e suas respectivas etapas e de produção (caixaria e concretagem). Na terceira e última semana o serviço repetiu-se igual a primeira semana, por se tratar da outra lateral do barracão que são iguais, levando-se aos mesmos serviços e etapas repetidas.

Para o cálculo do PPC, segundo Costa *et al*. (2005), utiliza-se a Equação 1 a seguir:

$$PPC = \frac{PT100\%}{PTtotal} \times 100 \qquad (1)$$

Em que:

- PT100% é o número de pacotes de trabalho 100% concluídos. O termo pacote de trabalho pode ser entendido como tarefa designada a determinada equipe de trabalho com tamanho possível de ser completado em um determinado tempo;
- PTtotal é o número total de pacotes de trabalho planejados.

De forma complementar, salienta-se que também se realizaram entrevistas rotineiras com os envolvidos no processo, como o dono da empresa e os colaboradores. Essas entrevistas tinham o intuito de fomentar seu papel ativo nas reuniões semanais, para discutir melhorias e limitar falhas que poderiam vir a interferir em um resultado positivo no planejamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No decorrer do período de realização do estudo, foi avaliada a contribuição do indicador PPC para auxiliar a tomada de decisões relacionadas à gestão da obra. A seguir, são apresentados os resultados obtidos em cada uma das três semanas de análise.

Na primeira semana, devido à chuva da semana anterior, houve redução na produtividade da equipe, de forma a dificultar o cumprimento do planejamento. Além disso, ocorreram alguns erros de projeto, como a falta de demarcação das locações dos banheiros por se tratar de um terreno fora do esquadro, gerando retrabalho para a mão de obra. Na Tabela 1 e na Figura 1, é mostrado o planejamento da primeira semana e os principais problemas encontrados durante esse período. Calculado a partir da Equação 1, o PPC resultou em 42,85% nessa semana.

Tabela 1 - Planejamento semanal da primeira semana

PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO - SEMANAL									
OBRA: Barracão MAFIP	**Semana de 08/06/2020 à 12/06/2020**								
GERENTE DA OBRA: VITOR			$PPC = \frac{PT100\%}{PTtotal} X\ 100 = 42,85\%$						
MESTRE DE OBRA: JOSÉ CARLOS									
EQUIPE	PACOTE DE TRABALHO		S	T	Q	Q	S	%	Problemas
2 Pedreiro + 1 Ajudante + Equipe Firma (segunda-feira)	Execução: Baldrame Completo	P	X	X	-	-	-	100	• Condições Adversas do tempo • Baixa Produtividade • Falta de Definição de projeto
		E	X	X	-	-	-	82	
2 Pedreiro + 1 Ajudante	Execução: Alvenaria Lateral Direita do Barracão	P	-	-	X	X	X	100	• Baixa Produtividade • Sexta-feira: Não houve expediente
		E	-	-	X	X	_	50	

Fonte: os autores.

Figura 1 - Planejamento Detalhado da Primeira Semana

Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	%CONCLUIDA	ANOTAÇÕES
Serviços Preliminares	**1 dia**	**08/06/2020 07:30**	**08/06/2020 17:00**		
Instalações provisórias	**1 dia**	**08/06/2020 07:30**	**08/06/2020 17:00**		
Refeitório	1 dia	08/06/2020 07:30	08/06/2020 17:00	100%	LOCOU-SE CONTAINER PRONTO COM REFEITORIO E INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS.
Baldrame	**2 dias**	**08/06/2020 07:30**	**09/06/2020 17:00**		
Montagem de forma + Ferragem	1 dia	08/06/2020 07:30	08/06/2020 17:00	60%	Montagem de 9 vãos, ficou faltando 6 vãos e os banheiros
Concretagem	1 dia	09/06/2020 07:30	09/06/2020 17:00	85%	Montagem dos 6 vãos restantes + concretagem. Faltou concreto para 3 vãos e os baldrames dos banheiros
Alvenaria	**3 dias**	**10/06/2020 07:30**	**12/06/2020 17:00**		
Assentamento de Lajota Lateral Direita	**3 dias**	**10/06/2020 07:30**	**12/06/2020 17:00**		
Assentamento Lajota 1 Vão a 2,70M	1 dia	10/06/2020 07:30	10/06/2020 17:00	100%	Concretagem dos baldrames faltantes do barracão,
Assentamento Lajota 2 Vão a 2,70 M	1 dia	11/06/2020 07:30	11/06/2020 17:00	100%	Término baldrames banheiros + Concretagem das cintas de 2 vãos
Assentamento Lajota 3 Vão a 2,70 M	1 dia	12/06/2020 07:30	12/06/2020 17:00	0%	Não Houve Expediente devido ao decreto do prefeito sobre COVID-19.
Assentamento Lajota 4 Vão a 2,70 M	1 dia	12/06/2020 07:30	12/06/2020 17:00	0%	Não Houve Expediente devido ao decreto do prefeito sobre COVID-19.
TOTAL CONCLUIDO NA SEMANA				63,57%	

Fonte: os autores.

Em síntese, destacam-se como principais problemas na primeira semana de análise as condições meteorológicas adversas, que contribuíram para o baixo rendimento das atividades. A falta de organização por parte dos empreiteiros também norteou o andamento da semana, contribuindo também para o baixo rendimento. A desorganização gerada na semana se deu pela produção de outras atividades não atreladas ao planejamento imposto na semana, gerando atraso em outras atividades.

No decorrer das atividades desenvolvidas no cotidiano da obra, notou-se falta do cumprimento de prazos em atividades remanejadas pelo dono da empresa, desperdício de mão de obra e material, desperdício de tempo com atividades desnecessárias, alocação de mão de obra exageradas para determinadas atividades, bem como muita desorganização no canteiro de obra, como a falta de instalações sanitárias, refeitórios, segurança entre outros.

O valor aproximado do PPC de 42% representa um baixo desempenho dentro dos processos da empresa (AKKARI, 2003), inferindo em problemas relacionados ao comprometimento dos empreiteiros, visto que estes não conseguiram seguir o plano semanal. Entretanto, antes de iniciar a segunda semana, foi feita outra reunião demonstrando o resultado obtido nessa primeira semana e as causas de não cumprimento das atividades, para posterior melhora do processo e maior comprometimento dos empreiteiros.

Na segunda semana, notou-se uma evolução na produção. Isso se deve à reunião realizada com os empreiteiros, à melhor alocação das atividades e ao melhor detalhamento no plano semanal, visto que na reunião da primeira semana foram discutidas as causas de não cumprimento dos pacotes de trabalho. Nessa reunião, também se colocaram metas de produção para estimular a produtividade da equipe, diminuindo os desvios ocorridos da semana anterior. A equipe também foi redimensionada, considerando a alocação de mais um colaborador na segunda-feira para suprir o atraso gerado pela semana anterior. A tabela 2 e a figura 2 apresentam o comparativo de atividades planejadas e executadas nessa semana. Destaca-se que o PPC obtido foi de 54,54%.

Tabela 2 - Planejamento semanal da segunda semana

<table>
<tr><td colspan="10">PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO - SEMANAL</td></tr>
<tr><td>OBRA: Barracão MAFIP</td><td colspan="9">Semana de 15/06/2020 à 19/06/2020</td></tr>
<tr><td>GERENTE DA OBRA:</td><td colspan="2">VITOR</td><td colspan="7" rowspan="2">$PPC = \frac{PT100\%}{PTtotal} X\,100 = 54,54\%$</td></tr>
<tr><td>MESTRE DE OBRA:</td><td colspan="2">JOSÉ CARLOS</td></tr>
<tr><td>EQUIPE</td><td>PACOTE DE TRABALHO</td><td></td><td>S</td><td>T</td><td>Q</td><td>Q</td><td>S</td><td>%</td><td>Problemas</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2 Pedreiro + 1 Ajudante</td><td rowspan="2">Execução: Respaldo dos 4 vãos, com concretagem das cintas.</td><td>P</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>100</td><td rowspan="2">•Alteração na programação
• Baixa Produtividade
• Falta de Material</td></tr>
<tr><td>E</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td><td>83</td></tr>
</table>

Fonte: os autores.

Figura 2 - Planejamento detalhado da segunda semana

Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	% CONCLUIDA	ANOTAÇÕES
Alvenaria Lateral Esquerda	**5 dias**	**15/06/2020 07:30**	**19/06/2020 17:00**		
Assentamento Lajota 3 Vão a 2,70M	1 dia	15/06/2020 07:30	15/06/2020 17:00	100%	TAREFAS DA SEMANA ANTERIOR QUE NÃO FORAM REALIZADAS
Assentamento Lajota 4 Vão a 2,70M	1 dia	15/06/2020 07:30	15/06/2020 17:00	100%	TAREFAS DA SEMANA ANTERIOR QUE NÃO FORAM REALIZADAS
Assentamento Lajota 1º e 2ª Vão Até altura 2ª cinta	1 dia	15/06/2020 07:30	15/06/2020 17:00	100%	ALOCOU-SE MAIS 1 PEDREIRO NESTE DIA PARA SUPRIR O ATRASO GERADO PELA SEXTA-FEIRA NÃO TRABALHADA.
Concretagem 1ª cinta do 3 e 4 vão	1 dia	15/06/2020 07:30	15/06/2020 17:00	100%	
Assentamento Lajota 3ª e 4º Vão até altura 2ª Cinta	1 dia	16/06/2020 07:30	16/06/2020 17:00	75%	MONTAGEM DE ANDAIMES E TRABALHO EM ALTURA DIMINUINDO A PRODUTIVIDADE
Inicio da Montagem das formas 2º Cinta	1 dia	16/06/2020 07:30	16/06/2020 17:00	85%	FALTOU TABUAS NA OBRA E FERRAGEM
Montagem e Concretagem da 2º Cinta dos 4 vãos	1 dia	17/06/2020 07:30	17/06/2020 17:00	100%	
Desforma das cintas	1 dia	18/06/2020 07:30	18/06/2020 17:00	100%	
Assentamento Lajota Platibanda	1 dia	19/06/2020 07:30	19/06/2020 17:00	80%	PERCA DE TEMPO ELEVANDO AS LAJOTAS PARA ANDAIME A 6M ALTURA
Montagem de forma cinta platibanda	1 dia	19/06/2020 07:30	19/06/2020 17:00	75%	MUDANÇA DE PLANEJAMENTO
Concretagem Cinta de Respaldo	1 dia	19/06/2020 07:30	19/06/2020 17:00	0%	BAIXA PRODUTIVIDADE = NÃO CONSEGUIRAM CUMPRIR O PRAZO
TOTAL CONCLUIDO NA SEMANA				83,18%	

Fonte: os autores.

O PPC de 54 % obtido nesta semana, mesmo que superior ao da primeira semana, ainda mostra um baixo desempenho dos processos envolvidos na obra (AKKARI, 2003). Dessa vez, destacaram-se outros problemas para o não cumprimento das atividades, como a falta de material e mudanças no planejamento, causas não constatadas na primeira semana. Em síntese, a melhora foi nítida, porém ainda faltaram contribuições da empresa para assegurar o desempenho das tarefas.

Antes de iniciar a terceira semana, foi feita outra reunião com os empreiteiros e o dono da empresa, na qual foram mostrados os resultados das semanas anteriores e as principais causas para o não cumprimento das atividades. Dessa forma, houve um comprometimento maior entre os envolvidos, delimitando todas as possíveis causas e propondo melhorias nos processos, tanto pela falta de material, quanto pela baixa produtividade dos empreiteiros. A tabela 3 e a figura 3 demonstram os principais resultados da terceira semana, que resultou em um PPC de 77,77%.

Tabela 3 - Planejamento semanal da terceira semana

OBRA: Barracão MAFIP	**Semana de 22/06/2020 à 26/06/2020**									
GERENTE DA OBRA: VITOR			$PPC = \frac{PT100\%}{PTtotal} X100 = 77,77\%$							
MESTRE DE OBRA:JOSÉ CARLOS										
EQUIPE	PACOTE DE TRABALHO		S	T	Q	Q	S	%	Problemas	
2 Pedreiro + 1 Ajudante	Execução: Término da lateral esquerda do barracão	P	X	-	-	-	-	100	———	
		E	X	-	-	-	-	100		
2 Pedreiro + 1 Ajudante	Execução: Alvenaria Lateral Direita do Barracão	P	-	X	X	X	X	100	• Baixa Produtividade • Falta de Material	
		E	-	X	X	X	X	96,66		

Fonte: os autores.

Figura 3 - Planejamento detalhado da terceira semana

Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	% CONCLUÍDA	ANOTAÇÕES
Execução Alvenaria	**1 dia**	**22/06/2020 07:30**	**22/06/2020 17:00**		
LATERAL ESQUERDA	**1 dia**	**22/06/2020 07:30**	**22/06/2020 17:00**		
Montagem Formas Viga Platibanda 1ª ao 4ª Vão	1 dia	22/06/2020 07:30	22/06/2020 17:00	100%	
Concretagem Viga Platibanda 1º ao 4º Vão	1 dia	22/06/2020 07:30	22/06/2020 17:00	100%	
Levantamento alvenaria até 2,70m Último vão Lateral Esquerda	1 dia	22/06/2020 07:30	22/06/2020 17:00	100%	
LATERAL DIREITA	**4 dias**	**23/06/2020 07:30**	**26/06/2020 17:00**		
Levantamento Alvenaria até 2,70m 1º, 2º e 3º Vão	1 dia	23/06/2020 07:30	23/06/2020 18:00	100%	
Levantamento Alvenaria até 2,70m 4º Vão	1 dia	24/06/2020 07:30	24/06/2020 17:00	100%	
Montagem Formas Último Vão lateral direita e Demais Vão	1 dia	24/06/2020 07:30	24/06/2020 18:00	85%	TRABALHO EM ALTURA DIMINUINDO A PRODUTIVIDADE
Concretagem Vigas e Pilares de todos vãos 1ª Cinta	1 dia	25/06/2020 07:30	25/06/2020 17:00	85%	FALTOU CIMENTO NA OBRA
Levantamento Alvenaria Ultimo Vão Lateral Esquerda até 2ª Cinta	1 dia	26/06/2020 07:30	26/06/2020 17:00	100%	
Levantamento Alvenaria 1 Vão até 2º Cinta	1 dia	26/06/2020 07:30	26/06/2020 17:00	100%	
TOTAL CONCLUÍDO DA SEMANA				**96,66%**	

Fonte: os autores.

Com o término da terceira semana, notou-se uma sensível melhora tanto na produção quanto em relação aos problemas enfrentados nas outras semanas. Um PPC de 78% (aproximadamente) demonstra que o desempenho do plano semanal é satisfatório (AKKARI, 2003), sendo esse fato essencial para um bom planejamento.

Este resultado positivo se deve ao grau de comunicação que foi imposto perante essas três semanas e à identificação dos problemas que impediam o alcance do cumprimento das atividades. Ao identificar as principais causas do não cumprimento das atividades, como baixa produtividade, falta de material e mudança de planejamento foi possível estabelecer medidas de correções e estímulos para as equipes alcançarem o proposto através das reuniões semanais. Dessa forma, evidencia-se uma contribuição positiva no uso do PPC associado a um planejamento semanal, observando-se todas as causas de descumprimento dos pacotes de trabalho, registrando-os e posteriormente estabelecendo medidas para que estes não aconteçam novamente.

Na utilização desse indicador nesse estudo de caso, sua utilidade foi evidenciada na evolução constatada no andamento do processo produtivo. Seu resultado foi aprovado pelo dono da empresa, que disse ter percebido a importância de identificar a razão de as atividades não serem totalmente concluídas, assim como as verdadeiras causas do não cumprimento dos pacotes de trabalho e o monitoramento efetivo das atividades.

Neste contexto, o PPC se mostrou um excelente indicador para monitorar o desempenho da obra em relação à obediência do planejamento. É importante ressaltar também que a equipe envolvida no processo demonstrou aprovação dessa estratégia de controle da produção, considerando que o parâmetro contribui para a melhoria da qualidade na execução dos trabalhos e reduz falhas.

CONCLUSÃO

Neste estudo, evidenciou-se uma contribuição positiva no uso do indicador Percentual de Planos Concluídos (PPC), aumentando a assertividade dos planejamentos impostos pela empresa e delimitando os principais problemas encontrados no processo, além de apresentar de forma clara e objetiva quais ações necessárias para assegurar o desempenho da obra. Outra contribuição relevante foi a realização de reuniões semanais com os envolvidos no processo, ação intimamente associada aos critérios de utilização do PPC e que permite a inclusão de ideias dos colaboradores para melhoria do processo. Diante do exposto, em vista das contribuições que o indicador de Percentual de Planos Concluídos (PPC) trouxe para o planejamento da obra, entende-se que o objetivo desse trabalho foi atingido.

Com a implantação de um cronograma semanal para realização das atividades e reuniões semanais, notou-se um comprometimento maior entre a equipe. Isso resultou em um cumprimento eficiente das atividades designadas a eles, evidenciado na evolução semanal dos PPCs calculados.

Em vista do exposto, conclui-se que o uso do PPC traz muitos benefícios ao sistema de planejamento e controle de uma empresa. Em contrapartida, para um bom resultado de desempenho, sua implementação deve ser efetuada com cautela, registrando dados realistas sobre o processo produtivo e conforme indicações da literatura.

Como sugestão a trabalhos futuros, vislumbram-se quatro oportunidades de continuidade da pesquisa. A primeira consiste em realizar um estudo de variabilidade das ocorrências dos principais problemas que interferem no cumprimento de planos com o PPC. Outra ideia diz respeito a estudar o PPC em empresas que não tiveram contato com um indicador de avaliação de desempenho. Também seria possível desenvolver estudos que abordem a execução do PPC integrado a vários empreendimentos. Finalmente, outra sugestão interessante seria avaliar os impactos positivos e negativos que empreiteiros e colaboradores causam no cumprimento do PPC.

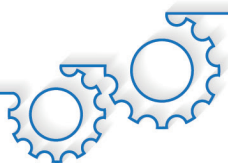
REFERÊNCIAS

AKKARI, A. A. P. **Interligação entre o planejamento de longo, médio e curto prazo com o uso do pacote computacional MSproject.** 2003. 145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

COSTA, D. B. *et al*. **Sistema de indicadores para benchmarking na construção civil:** manual de utilização. Porto Alegre: UFRGS/ppgec/norie, 2005.

FIGUEIREDO, G. M. **Análise de indicadores de desempenho no planejamento e controle de obras de edificação: Estudo de caso em obras no distrito federal.** 2014. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Brasilia, 2014.

FIGUERÊDO, P. **Construção civil representa 6,2% do PIB Brasil**. 2017. Disponível em: https://www.sistemafibra.org.br/fibra/sala-de-imprensa/noticias/ 1315-construcao-civil-representa-6-2-do-pib-brasil. Acesso em: 4 jun. 2020.

GUTHEIL, K. O. **Desenvolvimento de sistemas de planejamento e controle da produção em micro-empresas de construção civil, como foco no planejamento integrado de várias obras.** 2004. 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

ISATTO, E. *et al.* **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil.** Porto Alegre: SEBRAE-RS,2000.

LANTELME, E. M. V.; TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C. T. **Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção civil.** Porto Alegre; Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras.** São Paulo: Pini, 2010.

OLIVEIRA, C. B. **Avaliação de indicadores de planejamento e controle da produção na construção: boas práticas, eficácia e prazo.** 2010. 193f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2010.

PATEL, N. (Org.). **Estudo de Caso**: **o que é, exemplos e como fazer.** 2020. Disponível em: https://neilpatel.com/br/blog/como-fazer-um-estudo-de-caso. Acesso em: 4 jun. 2020.